Sofia Maria Gonçalves Rocha
Taís Rizzo Moreira
Lara Arêas Tertuliano
Lunalda Aparecida Vaz Pola
Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Graziela Baptista Vidaurre

SCIFLOR-ES

II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo

Anais do II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo

Multidisciplinaridade do Setor Florestal: Tecnologias, Produtos e Atualidades

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO | UFES

Reitor

Paulo Sérgio de Paula Vargas

Vice-Reitor

Roney Pignaton da Silva

Pró-Reitora de Administração (Proad)

Teresa Cristina Janes Carneiro

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis e Cidadania (Proaeci)

Gustavo Henrique de Araújo Forde

Pró-Reitora de Extensão (ProEx)

Tânia Mara Zanotti Guerra Frizzera Delboni

Pró-Reitor de Gestão de Pessoas (Progep)

Cleison Faé

Pró-Reitor de Graduação (ProGrad)

Zenólia Christina Campos Figueiredo

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação (PRPPG)

Neyval Costa Reis Junior

Pró-Reitor de Planejamento e Desenvolvimento Institucional (Proplan)

Anilton Salles Garcia

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS | CCAE

Diretor do Centro

Dirceu Pratissoli

Vice-diretor do Centro

Henrique Machado Dias

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA | DCFM

Chefe do Departamento

Pedro Gutemberg de Alcantara

Subchefe do Departamento

Sidney Sara Zanetti

COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Coordenador do Colegiado

Adriano Ribeiro de Mendonça

Subcoordenador do Colegiado

Ananias Francisco Dias Junior

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO CIÊNCIAS FLORESTAIS | PPGCFL

Coordenadora do Programa

Graziela Baptista Vidaurre Dambroz

Subcoordenador do Programa

Henrique Machado Dias

apresenta:

Anais do II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo

Multidisciplinaridade do Setor Florestal: Tecnologias, Produtos e Atualidades

Sofia Maria Gonçalves Rocha
Taís Rizzo Moreira
Lara Arêas Tertuliano
Lunalda Aparecida Vaz Pola
Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Graziela Baptista Vidaurre

© de Sofia Maria Gonçalves Rocha, Taís Rizzo Moreira, Lara Arêas Tertuliano, Lunalda Aparecida Vaz Pola, Marcos Vinicius Winckler Caldeira, e Graziela Baptista Vidaurre

*

Título original em português:

Anais do II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo, Multidisciplinaridade do Setor Florestal: Tecnologias, Produtos e Atualidades

*

Capa, Criação Visual e Diagramação:

Paulo Ricardo Fraga Fonseca
(E-mail: pauloricardofonseca1@gmail.com;
Instagram: @paulo_fos)

*

Todos os direitos reservados.

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/98) é crime (art. 184 do Código Penal). Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Decreto nº 1.825, de 20/12/1907.

*

1a. edição: 2020.

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A532 Anais do II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo [recurso eletrônico] : multidisciplinaridade do Setor Florestal: Tecnologias, Produtos e Atualidades / organizador, Sofia Maria Gonçalves Rocha ... [et al.]. Dados eletrônicos. - Jerônimo Monteiro, ES : CAUFES, 2020.

554 p. : il.

Inclui bibliografia.

ISBN: 978-65-86981-02-5

Modo de acesso: <http://www.cienciasflorestais.ufes.br/>

1. Engenharia florestal. 2. Ciências agrárias. 3. Ciências florestais. I. Rocha, Sofia Maria Gonçalves, 1992-.

CDU: 63

Este livro representa o fruto do trabalho de muitas pessoas e instituições que acreditaram na possibilidade de realizar um evento que agregasse valor a formação profissional dos estudantes.

Queremos expressar nossa gratidão aos integrantes da comissão organizadora que tiveram um papel crucial para a concretização desse evento e sem a qual nada teria saído do papel;

Ao CNPq e à FAPES, pela concessão do recurso via edital; Ao Crea Jr por desempenhar tamanha competência no auxílio do planejamento desse evento;

As empresas e instituições: Suzano, Veracel Celulose, Vale, ArcelorMittal Tubarão, Ibá, Ipef, PPGF, Programa Arboretum e Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo pela disponibilização de profissionais para agregar conhecimento e experiência ao evento;

À Universidade Federal do Espírito Santo e em especial ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira pela disponibilidade, apoio e comprometimento dos professores e funcionários para o sucesso do evento;

À todos os revisores dos trabalhos científicos, professores desta instituição, estudantes de mestrado, doutorado e pós-doutorado que dedicaram seu tempo para qualidade dos trabalhos publicados nesse livro;

Por fim, agradecemos a todos que de alguma forma contribuíram para a realização do II SCIFLOR.

AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	3
APRESENTAÇÃO.....	10
O EVENTO.....	12
PARTE 1 MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS	16
Capítulo 1.....	18
INTRODUÇÃO AO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS	
Capítulo 2.....	19
DELINEAMENTO DE FAIXAS DE VEGETAÇÃO MARGINAIS AOS CURSOS D'ÁGUA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA BRISA	
Capítulo 3.....	25
ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO PARA A MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA BRISA, ALEGRE – ES	
Capítulo 4.....	32
CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA SOB A COPA DE <i>Freziera atlantica</i> Zorzanelli & Amorim (PENTAPHYLACACEAE)	
Capítulo 5.....	39
CARACTERIZAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL SOB A COPA DE <i>Freziera atlantica</i> Zorzanelli & Amorim (PENTAPHYLACACEAE)	
Capítulo 6.....	46
CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PARAÍSO, ZONA RURAL DE MUNIZ FREIRE – ES	
Capítulo 7.....	53
USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO VARGEM GRANDE, EM MUNIZ FREIRE – ES	
Capítulo 8.....	61
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NA FLORESTA NACIONAL DO AMAPÁ	
Capítulo 9.....	67
DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS DE REFLORESTAMENTO E MATA NATIVA ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE	
Capítulo 10.....	74
ÁRVORES DISPERSAS EM PASTAGENS MODIFICAM A COBERTURA DO SOLO NO SUL DO ESPÍRITO SANTO	
Capítulo 11.....	82
SERIA <i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record UMA ÁRVORE POTENCIAL PARA SISTEMAS SILVIPASTORIS?	
Capítulo 12.....	89
VISITANTES FLORAIS DE <i>Handroanthus serratifolius</i> (VAHL) S.O.GROSE, EM FRAGMENTO FLORESTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS	
Capítulo 13.....	96
DIAGNÓSTICO QUALITATIVO E QUANTITATIVO DE PRAÇAS URBANAS EM DIVINÓPOLIS, MINAS GERAIS	
Capítulo 14.....	104
ACOMPANHAMENTO DO PADRÃO FENOLÓGICO DE <i>Paratecoma peroba</i> (Record & Mell) Kuhlmann NO PERÍODO 2016-2018	
Capítulo 15.....	111
LEVANTAMENTO DE PLANTAS MEDICINAIS EM DOMICÍLIOS DO MUNICÍPIO DE LAJINHA – MG	
Capítulo 16.....	118
ANÁLISE DO RENDIMENTO DE POLPA DOS FRUTOS DE <i>Euterpe edulis</i> Martius	
Capítulo 17.....	125
INFLUÊNCIA DO GRAU DE ARBORIZAÇÃO NA TEMPERATURA E UMIDADE DAS PRAÇAS DE ALEGRE – ES	

Capítulo 18	131
ESTUDO DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO AMBIENTE ESCOLAR NA IMERSÃO DO ALUNO NO CONTEÚDO DE BOTÂNICA	
Capítulo 19	138
ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DE <i>EUTERPE EDULIS</i> MART.	
 PARTE 2 SILVICULTURA	 144
Capítulo 20	146
INTRODUÇÃO À SILVICULTURA	
Capítulo 21	147
RESPOSTA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NO CRESCIMENTO DE <i>Anadenanthera peregrina</i> AOS SETE ANOS DE IDADE	
Capítulo 22	156
CRESCIMENTO E RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS EM POVOAMENTOS DE <i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS	
Capítulo 23	163
QUALIDADE DO ACABAMENTO DO SULCO DE ACORDO COM O EQUIPAMENTO UTILIZADO E ESTAÇÃO DO ANO	
Capítulo 24	170
TEOR E CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM MUDAS DE <i>Tectona grandis</i> PRODUZIDAS EM SUBSTRATOS ORGÂNICOS	
Capítulo 25	177
PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE A COLABORAÇÃO PÚBLICA RELACIONADA À ARBORIZAÇÃO EM CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Capítulo 26	183
LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM BAIRRO DO MUNICÍPIO DE JERÔNIMO MONTEIRO – ES	
Capítulo 27	190
QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL	
Capítulo 28	199
MUDAS DE EUCALIPTO CULTIVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE HIDROGEL E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO	
Capítulo 29	208
APORTE DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa	
Capítulo 30	216
SERAPILHEIRA ACUMULADA E CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa MONTANA	
Capítulo 31	223
REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE <i>Myrcia splendens</i>	
Capítulo 32	230
ÁREA VERDE DO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA – CAMPUS DE ALEGRE: INVENTÁRIO QUALI-QUANTITATIVO	
Capítulo 33	237
CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E DAS SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA	
Capítulo 34	243
DESENVOLVIMENTO INICIAL DE <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RECIPIENTE EMPREGADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS	
Capítulo 35	250
INFLUÊNCIA DO VOLUME DO RECIPIENTE NO CRESCIMENTO INICIAL DE <i>Peltophorum dubium</i> (ANGICO CANJIQUINHA)	

Capítulo 36	257
INFLUÊNCIA DOS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO INICIAL DE <i>Bertholletia excelsa</i>	
Capítulo 37	264
CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS EM <i>Eucalyptus sp.</i> EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CONDIÇÕES TOPOCLIMÁTICAS	
Capítulo 38	270
INDUÇÃO DE CALOGÊNESE IN VITRO EM FOLHAS DE JEQUITIBÁ ROSA	
 PARTE 3 MANEJO FLORESTAL	 276
Capítulo 39	278
INTRODUÇÃO AO MANEJO FLORESTAL	
Capítulo 40	279
AVALIAÇÃO CENSITÁRIA DE ACIDENTES FLORESTAIS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO	
Capítulo 41	285
AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO OCUPACIONAL EM OPERADORES DE <i>Feller-Buncher</i> NO SUDOESTE DO MARANHÃO	
Capítulo 42	291
MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Ocotea longifolia</i> Kunth (LAURACEAE) AMAPÁ, BRASIL	
Capítulo 43	298
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standl. (SAPOTACEAE) EM UMA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa, AMAPÁ, BRASIL	
Capítulo 44	305
ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DE ITAÚNAS CONCEIÇÃO DA BARRA – ES	
Capítulo 45	314
ZONEAMENTO DE APTIDÃO À COLHEITA DE MADEIRA MECANIZADA NA MICRORREGIÃO CENTRAL SERRANA DO ESPÍRITO SANTO	
Capítulo 46	322
FLORÍSTICA E DIVERSIDADE DE VEGETAÇÃO LENHOSA EM ÁREA DE CAATINGA	
Capítulo 47	329
AJUSTES DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA UM TESTE CLONAL DE EUCALIPTOS, EM CATALÃO, GOIÁS	
Capítulo 48	336
FITOSSOCIOLOGIA EM UM FRAGMENTO DE CAATINGA NO MUNICÍPIO DE IRAUÇUBA, CEARÁ	
Capítulo 49	341
AJUSTE DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA A ESTIMATIVA DE ALTURA DE DUAS ESPÉCIES NO MUNICÍPIO DE PORTO GRANDE, AMAPÁ, BRASIL	
Capítulo 50	348
ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA, BRASIL	
Capítulo 51	357
PREDIÇÃO INVERSA APLICADA A MEDIÇÕES DE ALTURA COMERCIAL NA REGIÃO AMAZÔNICA	
Capítulo 52	365
DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Chevalier NA AMAZÔNIA ORIENTAL	

Capítulo 53	371
PADRÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL DO MOGNO (<i>SWIETENIA MACROPHYLLA KING</i>) EM ÁREA MANEJADA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL	
Capítulo 54	379
DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA ÓTIMA ENTRE ESTRADAS EM UMA ÁREA DE MANEJO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	
Capítulo 55	386
ALOCÇÃO ÓTIMA DE PÁTIOS DE ESTOCAGEM EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA	
Capítulo 56	393
ESPACIALIZAÇÃO DO CARBONO ESTOCADO NA SERAPILHEIRA EM FRAGMENTO DE FLORESTA SEMIDECIDUAL DA MATA ATLÂNTICA	
Capítulo 57	399
AVALIAÇÃO DA COKRIGAGEM COMO ALTERNATIVA NA ESTIMATIVA DO VOLUME EM POVOAMENTO DE <i>Eucalyptus sp.</i>	
Capítulo 58	407
DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE <i>Metrodorea flavida</i> K. Krause PARA O MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA	
Capítulo 59	415
FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA MANEJADA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL	
Capítulo 60	422
NÚMERO DE VIZINHOS NA ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DA ALTURA DOMINANTE EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO	
PARTE 4 TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS	430
Capítulo 61	432
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS	
Capítulo 62	433
USO DE TANINO COMO INIBIDOR FÚNGICO E SUA INFLUÊNCIA NO CONTROLE DA GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE FEIJÃO (<i>PHASEOLUS VULGARIS</i>)	
Capítulo 63	438
POTENCIAL BIOHERBICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DO HÍBRIDO <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	
Capítulo 64	445
INFLUÊNCIA GENÉTICA NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> E DO HÍBRIDO <i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	
Capítulo 65	451
EFEITO AMBIENTAL SOBRE A PRODUÇÃO DO ÓLEO DAS FOLHAS DE <i>Eremanthus erythropappus</i>	
Capítulo 66	458
ALTERAÇÃO DA COR DE DUAS ESPÉCIES DE BAMBU POR TRATAMENTO TÉRMICO	
Capítulo 67	466
O PAPEL DO FUSTE DE EUCALIPTO COMO SUMIDOURO DE CARBONO	
Capítulo 68	472
PRODUÇÃO DE MADEIRA EM TORA DESTINADAS AO SETOR DE PAPEL E CELULOSE	
Capítulo 69	480
PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL PELA SILVICULTURA BRASILEIRA	
Capítulo 70	487
INTERFERÊNCIA DO AMBIENTE NA VARIABILIDADE AXIAL DA DENSIDADE BÁSICA EM CLONES DE EUCALIPTO	

Capítulo 71	493
VARIABILIDADE CLIMÁTICA COMO FATOR INFLUENTE NA DENSIDADE DE MADEIRA DE EUCALIPTO	
Capítulo 72	501
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DESEMPENHO MECÂNICO DE PELLETS DE BIOMASSAS LIGNOCELULÓSICAS	
Capítulo 73	508
VARIAÇÃO LONGITUDINAL E RADIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE JUREMA-PRETA (<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.)	
Capítulo 74	513
DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS DA MADEIRA POR MÉTODOS ACÚSTICOS DE AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA	
Capítulo 75	519
ANÁLISE MACRO TERMOGRAVIMÉTRICA DE TORETES DE MADEIRA	
Capítulo 76	527
MASSA DE SEMENTES DURANTE A EMBEBIÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA ATLÂNTICA	
Capítulo 77	533
DENSIDADE BÁSICA E ESTABILIDADE DIMENSIONAL DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA	
Capítulo 78	540
ANÁLISE POR IMAGEM DA QUALIDADE DE TORETES DE <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> PARA PRODUÇÃO DE SERRADOS	
Capítulo 79	548
PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE GALHOS DE <i>Swietenia macrophylla</i> King. POR CLASSES DIAMÉTRICAS	
Capítulo 80	554
EXTRATOS TÂNICOS DE <i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul EXTRAÍDOS EM SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO	
Capítulo 81	560
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE ESTOFADOS	
OS AUTORES	568

APRESENTAÇÃO

Este livro é uma obra de referência para quem deseja aprender mais sobre o mundo da tecnologia e da inovação. Ele aborda os principais conceitos e tendências da área, oferecendo uma visão abrangente e atualizada do cenário. O conteúdo é dividido em capítulos que exploram desde os fundamentos até as aplicações mais avançadas, permitindo que o leitor adquira uma compreensão sólida e prática dos temas tratados.

A obra é escrita por especialistas no assunto, com o objetivo de proporcionar uma leitura clara e acessível, mesmo para quem não possui formação técnica prévia. Além disso, o livro inclui exemplos práticos e estudos de caso que ajudam a contextualizar a teoria e a demonstrar a aplicação real dos conceitos. É uma leitura essencial para profissionais, estudantes e entusiastas que desejam se manter atualizados e desenvolver habilidades valiosas no mercado de trabalho.

O livro também aborda as implicações éticas e sociais da tecnologia, discutindo os desafios e as oportunidades que surgem com a adoção de novas ferramentas e plataformas. Isso garante que o leitor não apenas adquira conhecimento técnico, mas também esteja preparado para lidar com as complexidades e as responsabilidades que acompanham a inovação. A obra é uma excelente ferramenta para quem busca crescimento profissional e acadêmico, oferecendo insights valiosos e uma base sólida para a tomada de decisões.

Em suma, este livro é uma obra indispensável para qualquer pessoa interessada em tecnologia e inovação. Ele oferece uma combinação perfeita de teoria e prática, com um conteúdo rico e atualizado que reflete as últimas tendências do mercado. A leitura é uma experiência enriquecedora que proporciona não apenas conhecimento, mas também inspiração e motivação para enfrentar os desafios do futuro. Não deixe de adquirir este livro hoje mesmo e começar sua jornada de aprendizado e descoberta.

Os discentes de Graduação em Engenharia Florestal e de Pós-Graduação em Ciências Florestais, juntamente com o apoio dos docentes do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), localizado na cidade de Jerônimo Monteiro – ES, uniram esforços para organizar o “II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo (II SCIFLOR-ES)”, realizado entre os dias 15 a 18 de outubro de 2019, nas dependências do departamento. O evento contou com 120 participantes do setor florestal dentre eles estudantes, profissionais, empresas, técnicos, professores e órgãos públicos.

O evento e a publicação desse material são frutos da soma de fatores, guiados pelas expectativas e anseios em divulgar a importância da área florestal e suas áreas afins à toda comunidade, pela necessidade de capacitação e atualização profissional, bem como de reflexões importantes sobre o desafio do setor florestal na região, no estado e no país. Acreditamos que, por meio dos elos e conceitos formados durante a academia, podemos formar profissionais mais bem preparados nas questões relacionadas ao setor florestal, sendo formadores de opinião e precursores de políticas públicas de desenvolvimento humano e tecnológico. O SCILFOR é o resultado do elo entre a academia, empresas, instituições profissionais, que juntos, trazem de forma rica e completa, uma gama de informações atualizadas e de demandas para pesquisas.

A publicação deste material tem o intuito de estender à comunidade científica, estudantes e profissionais do setor florestal um pouco do conhecimento que foi compartilhado entre os participantes durante o evento. Esta obra reúne produções científicas que integram diferentes ramos do setor florestal brasileiro que buscam divulgar um conjunto de informações, métodos e tecnologias inovadoras adequadas para o amplo desenvolvimento da área florestal. O evento proporcionou aos participantes adquirir, de forma dinâmica, conhecimentos, práticas e trocas de experiência, resultando em uma maior integração dos diferentes ramos do setor florestal no Brasil, bem como a combinação e divulgação de tecnologias inovadoras, adequadas para o amplo desenvolvimento da área florestal na região.

Agradecemos imensamente à Fapes e ao CNPq, apoiadores do evento e deste material. Fapes: Edital Fapes N. 03/2019 Organização de Eventos Técnico-Científicos primeira chamada, Processo N. 2019-T06NT, Termo de outorga N. 406/19. CNPq: Chamada ARC N. 04/2919 - Linha 3, Processo N. 402039/2019-0.

Os autores.

OEVENTO

O evento teve como objetivo abordar diversos temas científicos e profissionais dos cursos de Engenharia Florestal, Engenharia Industrial Madeireira, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Engenharias e áreas afins promovendo capacitação, formação e atualização dos alunos, pesquisadores, escolas de todo Brasil e também profissionais interessados no setor florestal, por meio de palestras, minicursos, exposição de trabalhos, espaço empresarial e mesas-redondas realizando troca de experiências entre os participantes do evento com relação ao cenário florestal.

Coordenação Geral

Lara Arêas Tertuliano
Lunalda Aparecida Vaz Pola
Marcos Vinicius Winckler Caldeira
Graziella Baptista Vidaurre Dambroz

Coordenação Científica

Sofia Maria Gonçalves Rocha
Tais Rizzo Moreira

Comissão Organizadora

Felipe da Silva Gomes
Graziella Baptista Vidaurre Dambroz
Laís Gonçalves Pires de Souza
Lara Arêas Tertuliano
Lunalda Aparecida Vaz Pola
Marcos Vinicius Winckler Caldeira

Maria Paula Reggiane Silveira
Marina Passos de Souza
Nathália Gabriela Franca Dias
Sofia Maria Gonçalves Rocha
Tais Rizzo Moreira
Tayná Rebonato Oliveira

Revisores Sessão Científica

Ana Paula Câmara da Silva
Antônio José Vinha Zanuncio
Caroline Tavares Firmino
Daniela Minini
Francielle Rodrigues de Oliveira
Gabriela Cristina Costa Silva
Glícia Silvania Pedroso Nascimento

Jéferson Pereira Martins Silva
Kaise Barbosa de Souza
Mariana Caroline Moreira Morelli
Patrícia Borges Dias
Thuanny Lins Monteiro Rosa
Túlio Barroso Queiroz

Apoio

Caroline Carvalho Correia
Estefany Vaz Brisson
Francielle Rodrigues de Oliveira
João Pedro Vieira Fraga de Assis

Louise Menezes Pimentel
Patrícia Borges Dias
Raul Araújo Souza Jacobem

Colaboradores

Agroflor
ArcelorMittal
Associação dos Engenheiros Florestais do Espírito Santo (Aefes)
Casa Vasques
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE)
Colegiado do Curso de Engenharia Florestal
Copy Art
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado do Espírito Santo - Junior (Crea Jr)
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)
Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM)
Floema Jr
Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (Fapes)

Grupo Pedra do Pombal
Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf)
Indústria Brasileira de Árvores (Ibá)
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (Ipef)
Programa Preparação de Gestores Florestais (PPGF)
Prefeitura Municipal de Jerônimo Monteiro (PMJM)
Programa Arboretum de Conservação e Restauração
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL)
Suzano Papel e Celulose
Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes)
Vale
Veracel Celulose S.A.

Programação

Terça-feira, 15/10/2019	
Horário	Atividade
07:30 às 17:30	Credenciamento
08:00 às 17:00	Minicurso 1: A biomassa florestal e seu uso energético Artur Queiroz Lana (Engenheiro Florestal, Doutor em Recursos Florestais)
	Minicurso 2: Planejando a análise de dados biológicos Mário Luís Garbin (Biólogo, Dr. em Ecologia e Docente na Universidade Federal do Espírito Santo)
	Minicurso 3: Manuseio de animais peçonhentos e primeiros socorros no campo David Cezar de Jesus Amorim e Hartus Gonçalves Barbosa (Biólogo - 3º Sargento Combatente Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Espírito Santo)
	Minicurso 4: Fertilidade e Silvicultura na produção de madeira serrada Eduardo de Castro Stehling (Biólogo, Mestre em Engenharia Florestal, Consultor e Diretor da Fuste Consultoria Florestal)
	Minicurso 5: Uso de VANT 's (Veículo Aéreo Não Tripulado) no setor florestal André Quintão de Almeida, Engenheiro Florestal (Doutor em Meteorologia Aplicada e Docente na Universidade Federal de Sergipe)
	Minicurso 6: Manutenção e utilização de equipamentos florestais Antonio Henrique Ramalho (Engenheiro Florestal e Mestrando em Ciências Florestais)
20:00 às 22:30	Jantar de confraternização Casa Vasques

Quarta-feira, 16/10/2019	
Horário	Atividade
07:30 às 08:00	Credenciamento
08:00 às 09:00	Palestra 1: Nutrição e silvicultura de Meliáceas para a produção de madeira serrada - Eduardo de Castro Stehling, Biólogo, MSc. em Engenharia Florestal, Consultor e Diretor da Fuste Consultoria Florestal.
09:00 às 10:00	Palestra 2: Estratégias do melhoramento genético de Eucalipto no Brasil - Paulo Henrique Müller, Engenheiro Florestal, Dr. em Recursos Florestais, Coordenador do Programa de Melhoramento Florestal do Ipef e editor chefe da revista Scientia Forestalis.
10:00 às 10:30	Intervalo
10:30 às 12:00	Palestra 3: Medidas indiretas da vegetação (SR, ALS, LiDAR, DAP, Google Earth Engine): aplicações na Engenharia Florestal - André Quintão de Almeida, Engenheiro Florestal, Dr. em Meteorologia Aplicada e Docente na Universidade Federal de Sergipe.
12:00 às 13:00	Almoço
13:00 às 14:30	Palestra 4: Política e perspectivas do setor de florestas plantadas - Patrícia da Silva Machado, Engenheira Florestal, atua na área florestal da Indústria Brasileira de Árvores (Ibá) e é responsável por temas relacionados à políticas florestais, biodiversidade, biotecnologia, bioeconomia, proteção florestal em diversos fóruns nacionais e internacionais.
14:30 às 15:30	Palestra 5: Apresentação do IPEF e PPGF - Rafaela Lorenzato Carneiro, Engenheira Florestal, Mestre em Recursos Florestais e ênfase em Ecofisiologia e Coordenadora do PPGF-IPEF.
15:30 às 16:00	Intervalo
16:00 às 17:30	Mesa-redonda 1: A atuação da mulher nas ciências agrárias. Suzanny Hellen Viana Leal , Engenheira Florestal, atuando na área de Negócios Florestais na Suzano Papel e Celulose S. A. Graziela Baptista Vidaurre Dambroz , Engenheira Florestal, Dr. em Ciências Florestais e Docente na Universidade Federal do Espírito Santo. Rafaela Lorenzato Carneiro, Engenheira Florestal, Mestre em Recursos Florestais e ênfase em Ecofisiologia e Coordenadora do PPGF-IPEF.

Quinta-feira, 17/10/2019

Horário	Atividade
08:00 às 09:00	Palestra 6: Sequestro de carbono e crédito de carbono - Ranieri Ribeiro de Paula, Engenheiro Florestal, Dr. em Recursos Florestais, Pós doutorando Universidade Federal do Espírito Santo.
09:00 às 10:00	Palestra 7: Sistemas agroflorestais: diversificação da renda e potencialidades - Lorena Abdalla, Engenheira Agrônoma, Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Docente em Solos e Nutrição de Plantas, Instituto Federal do Espírito Santo.
10:00 às 10:30	Intervalo
10:30 às 12:00	Palestra 8: Biorrefinaria aplicada a indústria de celulose e papel: Novos produtos e oportunidades - Iara Demuner, Engenheira Florestal, MSc. em Tecnologia de Celulose e Papel e Prof. Subst. em Celulose e Papel na Universidade Federal de Viçosa.
12:00 às 13:00	Almoço
13:00 às 14:30	Palestra 9: Resiliência em plantios de eucalipto frente a vulnerabilidade climática - Rodolfo Loos, Engenheiro Agrônomo, Dr. em Fitotecnia, Especialista em Ecofisiologia Florestal e Pesquisador Sênior na Suzano S. A.
14:30 às 15:30	Palestra 10: Manejo Integrado de Pragas e Doenças do Eucalipto - Talyta Galafassi Zarpelon, Engenheira Florestal, Dr. em Fitopatologia e Pesquisadora II na Suzano S.A.
15:30 às 16:00	Intervalo
16:00 às 17:30	Mesa-redonda 2: Programa Arboretum - Renata Carvalho, Engenheira Agrônoma e Responsável Técnica do Programa Arboretum de Conservação e Restauração da diversidade florestal. Natália Coelho, Analista Ambiental-Serviço Florestal Brasileiro-MMA, Bióloga-Especialista em Botânica e Gestão Florestal e Coordenadora Técnica-Executiva do Programa Arboretum.

Sexta-feira, 18/10/2019

Horário	Atividade
08:00 às 09:30	Palestra 11: Utilização de Carvão Vegetal x Carvão Mineral na produção de aço - Ricardo José Tauffer Barros, Engenheiro Metalúrgico, Especialista de Pesquisa e Desenvolvimento, ArcelorMittal Brasil S. A.
09:30 às 10:00	Intervalo
10:00 às 11:00	Apresentação de trabalhos
11:00 às 12:00	Palestra 12: Uso e gestão de tecnologias na recuperação de áreas degradadas - Vinicius Santos Terra, Mestre em Cosmologia.
12:00 às 13:00	Almoço
13:00 às 14:30	Palestra 13: Planejamento Florestal
14:30 às 16:00	Palestra 14: Produtos florestais não madeireiros como fonte de geração e diversificação de renda - Tiago de Oliveira Godinho, Engenheiro Florestal, Dr. em Engenharia Florestal e Gestor Ambiental na Reserva Natural da Vale.
16:00 às 16:30	Intervalo
16:30 às 17:30	Mesa-redonda 3: O mercado de trabalho e seus desafios - Jamile Laquini, Engenheira Florestal, atuando na Gestão de RAD com o Programa Reflorestar. Thiago Macedo, Engenheiro Florestal, atuou no grupo Votorantim e atualmente é Mestrando em Ciências Florestais.
17:30	Encerramento

PARTE I

Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Estudos que integram os diferentes recursos naturais e processos ambientais, como arborização urbana, caracterização e manejo de bacias hidrográficas, processos erosivos do solo, dentre outras.

Capítulo 1

INTRODUÇÃO AO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

Mariana Caroline Moreira Morelli

Kaíse Barbosa de Souza

Patrícia Borges Dias

Francielle Rodrigues de Oliveira

A linha de pesquisa Meio Ambiente e Recursos Hídricos (MARH) contempla estudos relacionados aos usos múltiplos dos recursos hídricos e à preservação do meio ambiente, com ênfase em geotecnologias aplicadas às ciências florestais, ecologia, recuperação de áreas degradadas, hidrologia e manejo de bacias hidrográficas. Devido seu caráter multidisciplinar possui ampla importância no âmbito científico ao proporcionar conhecimentos que auxiliam na gestão ambiental e planejamento territorial e ao fornecer relevantes informações associadas à avaliação dos atributos ecológicos dos ecossistemas e relações entre o sistema terrestre e o sistema atmosférico.

A inserção da linha de MARH no II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo permitiu maior visibilidade da sua aplicação no meio científico, profissional e de extensão. Por meio da abordagem multidisciplinar, com aplicações teóricas e práticas foi possível mostrar resultados que, além de buscar a melhoria do ambiente e economia regional, fornecem subsídios às políticas públicas de uso e conservação das florestas, solo e bacias hidrográficas.

Nesta parte o leitor encontrará uma diversidade de informações e metodologias no âmbito dessa temática, englobando estudos que integram os diferentes recursos naturais e processos ambientais, como arborização urbana, caracterização e manejo de bacias hidrográficas, processos erosivos do solo, estimativa de evapotranspiração por imagens de satélite, determinação de APP e zoneamento agroclimático. De fato, os resultados desses trabalhos podem nortear diagnósticos e apontamentos para gestão dos componentes do meio ambiente e recursos hídricos.

A seleção de trabalhos que representam a linha de pesquisa MARH conta, ainda, com pesquisas de ecologia básica e de caráter aplicado. Apresentamos aqui estudos que auxiliam na construção do conhecimento de ecologia através de temas como estrutura e composição florística, regeneração natural e fenologia. As áreas estudadas pelos autores dos capítulos abrangeram dois domínios da vegetação brasileira: Amazônico e Atlântico. Outros tópicos na área de meio ambiente foram contemplados através de trabalhos que mostram a importância do conhecimento tradicional no sucesso científico. Como exemplo, o resgate do saber tradicional milenar sobre plantas medicinais, que apresenta potencial para o desenvolvimento desta terapêutica, considerando a diversidade de plantas que ocorrem no Brasil. Ademais, questões relativas à conexão entre o ser humano em processo de formação escolar ao meio ambiente também foram observadas.

Capítulo 2

DELINEAMENTO DE FAIXAS DE VEGETAÇÃO MARGINAIS AOS CURSOS D'ÁGUA DA MICROBACIA DO CÓRREGO DA BRISA

Iulo Pessotti Moro¹, Roberto Avelino Cecílio¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: pmoro@ufes.br

Resumo: As áreas com vegetação marginal aos cursos d'água têm um importante papel na qualidade dos recursos hídricos superficiais, por reduzir a carga de sedimentos que chega até o leito dos rios. No entanto, estudos técnicos e científicos que objetivam dimensionar a largura ideal para essas áreas de modo que suas funções de filtro sejam efetivamente exercidas ainda são pouco explorados. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo aplicar uma metodologia baseada em modelos de regressão e técnicas de geoprocessamento, afim de identificar as áreas onde a vegetação marginal é necessária e dimensionar sua largura mínima, visando reduzir a quantidade de sedimentos que chegam aos cursos d'água. A área de estudo foi a microbacia hidrográfica do córrego da Brisa, afluente do rio Itapemirim, localizada no município de Alegre – ES. Os resultados mostraram que as larguras requeridas para as faixas de vegetação marginal aos cursos d'água são variáveis e respondem dinamicamente às mudanças das condições de declividade do terreno e de acordo com o uso e ocupação do solo para o local de estudo. As áreas com declividades mais acentuadas são aquelas onde há maior necessidade de vegetação.

Palavras chave: Zona ripária; Mata ciliar; Erosão hídrica.

MARGINAL VEGETATION BUFFER DESIGN TO BRISA STREAM MICROBASIN WATER COURSES

Abstract: Areas with marginal vegetation to watercourses play an important role in the quality of surface water resources by reducing the sediment load that reaches the river bed. However, technical and scientific studies that aim at sizing the ideal width for these areas so that their filter functions are effectively exercised are still poorly explored. In this context, the present work aimed to apply a methodology based on regression models and geoprocessing techniques, in order to identify the areas where marginal vegetation is needed and to size its minimum width, aiming at reducing the amount of sediment that reaches the courses of water. The study area was the córrego da Brisa watershed, a tributary of the Itapemirim river, located in the municipality of Alegre - ES. The results showed that the widths required for the marginal vegetation bands to the watercourses are variable and respond dynamically to the changes in the slope conditions of the terrain and according to the use and occupation of the soil for the place of study. The areas with more pronounced slopes are those where there is greater need of vegetation.

Keywords: Riparian zone; Riparian vegetation, Water erosion.

1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um problema com escalas globais, e no Brasil, é uma das principais causas de diminuição das áreas agricultáveis causando prejuízos também a outras atividades econômicas. A perda dos horizontes superficiais do solo afeta diretamente a diminuição da sua capacidade produtiva, colocando em risco a sustentabilidade da produção agrícola. A própria atividade agrícola, quando realizada de forma inadequada gera e agrava o problema, por meio do uso de sistemas de produção que não respeitam a capacidade de uso do solo. O desmatamento, expansão urbana e outras atividades antrópicas também são evidentes causadores de erosão (Rodrigues et al., 2015).

As perdas de solo em áreas agrícolas e de pastagens é de cem a mil vezes maior do que aquela que ocorre em ambientes naturais. Ainda, de acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2015), os danos causados pela perda de solo são de longa duração ou até mesmo irreparáveis, contribuindo progressivamente para redução da produtividade agrícola.

Localizadas no entorno de cursos d'água, a zona ripária constitui parte importante da bacia hidrográfica, do ponto de vista estético, ecológico, em termos de biodiversidade e hidrológico (LIMA, 2008). As matas ciliares, características dessas áreas, servem como zonas de amortecimento, reduzindo a velocidade do escoamento superficial e aumentando a taxa de infiltração de água no solo, portanto, conforme verificado por Wang et al. (2005), níveis elevados de degradação da mata ciliar ocasionam uma redução na sua capacidade de reter sedimentos.

O dimensionamento das áreas de mata ciliar é geralmente baseado em informações subjetivas, levando em consideração apenas os aspectos legais. O modelo proposto por Aslan (2009) para dimensionamento da largura áreas vegetadas marginais aos cursos d'água considera os aspectos físicos do terreno, norteando tomadas de decisão com base em parâmetros mensuráveis.

Do exposto, o objetivo deste trabalho foi aplicar o modelo de Aslan (2009) para determinar a largura da faixa de vegetação marginal aos cursos d'água necessária para reduzir as perdas de sedimentos na bacia hidrográfica do córrego da Brisa, localizada no município de Alegre – ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à sub-bacia hidrográfica do córrego da Brisa, afluente do rio Itapemirim, município de Alegre, estado do Espírito Santo, entre as coordenadas 41°29'10" e 41°30'40" de longitude Oeste e 20°44'05" e 20°45'12" de latitude Sul.

O relevo da área de estudo varia de forte-ondulado a forte-montanhoso. O solo predominante é o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (CUNHA et al., 2016). O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (subtropical úmido com inverno seco e verão quente) de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual gira em torno de 22,2°C. A pluviosidade média anual encontra-se em 1200 mm (INMET, 2018).

O modelo para delineamento das faixas de vegetação utilizado foi proposto por Aslan (2009), utilizando as seguintes equações em ambiente SIG:

$$\alpha_i = -\frac{S_i}{n^{1,89}} \quad (1)$$

Em que:

S_i : Declividade do terreno (%); n : Coeficiente de Manning para diferentes tipos de uso e cobertura do solo; i : Célula do arquivo raster variando de 1, ..., n .

$$S_i = 174,45V_i^2 + 14,23V_i + \alpha_i \quad (2)$$

Em que:

V_i : Velocidade do escoamento superficial (pés/s).

$$\beta_i = 0,00002\lambda_i^4 - 0,00649333\lambda_i^3 + 0,7909\lambda_i^2 - 42,81267\lambda_i + 868,95 \quad (3)$$

Em que:

β_i : Constante (adimensional); λ : Eficiência de captura de sedimentos (%).

$$L_i = (321,331V_i^4 - 405,658V_i^3 + 354,609V_i^2 - 111,311V_i + 12,585)^{0,5283\beta_i} \quad (4)$$

Em que:

L_i : Largura preliminar das faixas de vegetação (pés).

$$V_i = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (5)$$

Em que:

V_i : Velocidade do escoamento superficial (pés/s); a: 174,45; b: 14,234; c: α_i .

$$Célula_{Contribuição} = \frac{A}{B} \quad (6)$$

Em que:

A: Largura do *pixel* do raster (pés); B: Largura necessária calculada (pés).

Procedimento utilizado para o cálculo das larguras variáveis das faixas de vegetação no entorno de cursos d'água, utilizando o aplicativo computacional ArcGIS® 10.0 (ESRI, 2011):

- Passo 1: Substituiu-se os valores de declividade (S_i), obtidos a partir do modelo digital de elevação do terreno (MDT), os valores do coeficiente de Manning (n) de acordo com as classes de uso e cobertura do solo, na equação (1) computando os valores de α_i ;
- Passo 2: Substitui-se α_i e S_i na equação (2) para calcular as velocidades de escoamento superficial (V_i). Devido a equação (2) ser uma equação do segundo grau, adicionalmente ela foi rearranjada na equação (5), a fim de ser aplicada;
- Passo 3: Assumiu-se uma eficiência de captura de sedimentos (λ) de 90% e calculou-se a constante β_i utilizando a equação (3);
- Passo 4: Substitui-se V_i e β_i dos passos 2 e 3, respectivamente, na equação (4) calculando a largura preliminar (L_i) das faixas de vegetação;
- Passo 5: Multiplicou-se a largura preliminar das faixas de vegetação (L_i) do passo 4 pela relação da velocidade de sedimentação das partículas do solo para cada tipo de textura do solo, para obter a largura requerida para cada célula do raster para diferentes texturas do solo;
- Passo 6: Calculou-se o incremento da contribuição individual de cada célula do raster para a performance total das faixas de vegetação utilizando a equação (6);
- Passo 7: Determinou-se a largura final das faixas de vegetação calculando a contribuição acumulativa de cada *pixel* do raster. Esse foi processo iterativo realizado pela soma de cada *pixel* ao longo do caminho de acúmulo de fluxo, com duas condições. Primeiro, se o valor da contribuição do *pixel* cumulativo foi maior ou igual a 1, o processo de soma foi interrompido, pois já atingiu o requisito de 100% de largura da faixa de vegetação. Segundo, se o valor da contribuição cumulativa do *pixel* foi menor que 1, então a soma do processo continua, pois, largura da faixa de vegetação requerida para determinado *pixel* ainda não foi alcançado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor do parâmetro α variou de 0, representando áreas com inclinações mais brandas a 1909,69 representando áreas mais íngremes. A velocidade do escoamento superficial atingiu o valor de até 0,996 m/s em encostas com declives mais acentuados, tal valor pode ser explicado, pois declives mais íngremes fornecem mais energia para produzir maiores velocidades de escoamento superficial. O parâmetro β é uma constante equivalente a 0,66213, assumindo uma eficiência de captura de sedimento (λ) de 90% para toda a área de estudo.

O resultado final das faixas de vegetação com largura variável é mostrado na Figura 1, podendo serem comparadas com a área de preservação permanente (APP), que nesse caso tem uma largura fixa de 30 metros marginal ao curso d'água em ambos os lados (FIGURA 1).

Com base no delineamento das faixas de vegetação proposto por Aslan (2009) as larguras variam de acordo com o uso e ocupação do solo e declividade do terreno. Observa-se também que a largura das faixas de vegetação é mais ampla ao longo dos fluxos de ordem inferior quando comparados com fluxos de ordem mais alta. Isso mostra que o delineamento das faixas de vegetação derivado deste modelo segue a regra de estabelecimento de faixas de vegetação ao longo de fluxos de enxurrada.

Os resultados encontrados por Aslan (2014) para a bacia hidrográfica do rio LaBarque, Missouri – EUA, mostram que a instalação de faixas de vegetação para se obter 90% de remoção de sedimentos correspondeu a 28,8% da área total da bacia, enquanto que para a sub-bacia do córrego da Brisa correspondeu a uma porção de 30,69% do total da área. Essa diferença pode ser atribuída às classes de declividade, que são mais acentuadas na sub-bacia do córrego da Brisa, necessitando maiores larguras para as faixas de vegetação.

Figura 1. Faixas de vegetação de área variável versus APP de largura fixa para a sub-bacia hidrográfica do córrego da Brisa

A análise mostrou que em alguns pontos marginais aos cursos d'água da sub-bacia do córrego da Brisa são necessárias faixas de vegetação com largura superior aos 30 metros, merecendo uma atenção especial com relação a revegetação. Tais locais, devido sua importância na manutenção da integridade da microbacia hidrográfica, em termos de qualidade e quantidade de água (LIMA, 2008), são áreas mais sensíveis da paisagem, susceptíveis a maiores perdas de solo, exigindo um maior esforço de conservação para proporcionar uma proteção adequada ao curso d'água.

As áreas marginais aos cursos d'água geralmente apresentam condições mais favoráveis para agricultura, seja pelo relevo menos acidentado, qualidade da fertilidade do solo ou por proximidade da água e até mesmo por questões culturais (RAMSAR, 2014).

O delineamento das faixas de vegetação de largura variável mostrou que em alguns locais próximos aos cursos d'água, onde legalmente seriam áreas de preservação permanente, não necessitam dos 30 metros para conter os sedimentos, podendo essas áreas serem cultivadas. Porém, deve-se observar a necessidade de manter as faixas de vegetação a montante dessas áreas, responsáveis pela diminuição da velocidade do escoamento superficial, proporcionando maior tempo para sedimentação das partículas de solo. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2012), a erosão do solo é tanto menor quanto mais densa é a vegetação que o recobre e protege, porém nem sempre é economicamente viável manter o solo totalmente recoberto com vegetação nativa.

Além da revegetação nativa, outras práticas conservacionistas podem ser aplicadas com objetivo de reduzir as perdas de solo, a implantação de cordões de vegetação permanente associado ao cultivo agrícola se mostram eficientes no controle da erosão. Ainda, segundo Bertoni e Lombardi Neto (2012), os cordões de vegetação permanente são quase equivalentes aos terraços, reduzindo em cerca de 80% as perdas de solo.

Outra alternativa de conservação do solo é a implantação de sistemas agroflorestais. Estudo realizado por Souza e Piña-Rodrigues (2013) concluiu que a utilização desse sistema em áreas de preservação permanente promoveu o estabelecimento de estratificação horizontal e vertical semelhante a florestas naturais, sendo esta uma característica ecológica desejável para o estabelecimento dessas áreas.

Por fim, de acordo com Pruski (2006), a prática de apenas uma técnica de conservação do solo não é suficiente para resolver todos os problemas dentro de uma bacia hidrográfica, sendo assim, devem ser aplicadas duas ou mais técnicas para se obter resultados satisfatórios.

4. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que as larguras requeridas de um delineamento de faixas de vegetação variável respondem dinamicamente às mudanças das condições de declividade do terreno e de acordo com o uso e ocupação do solo para o local de estudo.

As áreas com declividades mais acentuadas são as que proporcionam maiores velocidades do escoamento superficial, conseqüentemente, são locais onde há maior necessidade de vegetação, a fim de reduzir a velocidade das enxurradas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ASLAN, Aslan. Development and application os vegetative buffer width modeling using geographic information system. 2009. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). **Universidade do Missouri**, Columbia.

ASLAN, A.; TRAUTH, K. M. Development and demonstration of a GIS-based cumulative effectiveness approach to buffer design and evaluation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. v. 140, n. 5, p 1-19. 2014.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 8. Ed. São Paulo: Ícone. 2012.

CUNHA, A. M.; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F.S.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do estado do Espírito Santo e implementação de interface no GEOBASES para uso dos dados em SIG. **Geografares**, v.2, n.22, p. 32-65, 2016.

ESRI, Environmental Systems Research Institute ArcGIS® 10: Getting started with ArGIS. Redlands: ESRI, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Status of the World's soil resources**: main report. Roma, Itália: FAO. 2015. 650 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Climatologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 09 out. 2018.

LIMA, W. P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, 2008.

PRUSKI, F. F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para controle da erosão hídrica. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

RAMSAR. Convenção sobre zonas úmidas de importância internacional. 2014. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/publicacoes>> Acesso em 20 nov. 2018.

RODRIGUES, H. M.; VESQUES, G. M.; LEMES, M. W.; ROSAS, R. O. Avaliação do escoamento superficial e da perda de solo sob diferentes coberturas e declividades em Silva Jardim, RJ. In: XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina. **Anais...** p. 2797-2803. Piauí, 2015.

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na floresta ombrófila densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**. v. 37, n.1, p. 89-98, 2013.

WANG, X. H.; YIN, C. Q.; SHAN, B. Q. The role of diversified landscape buffer structures for water quality improvement in an agricultural watershed, North China. **Agricultural Ecosystem And Environment**, v.107, n.2, p.381-396, 2005.

Capítulo 3

ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO PARA A MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DA BRISA, ALEGRE – ES

Iulo Pessotti Moro¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: pmoro@ufes.br

Resumo: Entre as modelagens matemáticas utilizadas para estimativa da perda de solo, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) é amplamente utilizada para determinar, em níveis médios anuais, o volume de solo perdido por erosão hídrica. Objetivou-se com o presente estudo estimar a perda de solo por erosão hídrica da microbacia hidrográfica do córrego da Brisa, localizada no município de Alegre – ES. Os resultados encontrados demonstraram que a perda média de solo variou de 0 a 3,92 t ha⁻¹ ano⁻¹, o que significa que a área de estudo apresenta uma produção agrícola que contempla práticas conservacionistas do solo. Por fim, concluiu-se que a utilização da EUPS em uma pequena bacia hidrográfica mostrou-se de aplicação simples, rápida e de baixo custo quando considerado que a maior parte dos dados necessários está disponível em bancos de dados públicos, além de apresentar-se de forma viável para avaliação da erosão, podendo dessa forma, auxiliar políticas públicas para o uso sustentável dos recursos naturais.

Palavras chave: EUPS; Erosão hídrica; Conservação do solo; Geoprocessamento.

ESTIMATED SOIL LOSS FOR BRISA STREAM WATERSHED, IN ALEGRE – ES

Abstract: Among the mathematical modeling used to estimate soil loss, the Universal Soil Loss Equation (USLE) is widely used to determine, at average annual levels, the volume of soil lost by water erosion. The objective of the present study was to estimate the soil loss due to water erosion of the Brisa stream watershed, located in the city of Alegre - ES. The results showed that the average soil loss ranged from 0 to 3.92 t ha⁻¹ year⁻¹, this means that the study area has an agricultural production that includes soil conservation practices. Finally, it was concluded that the use of USLE in a small river basin proved to be simple, quick and inexpensive to apply when it considers that most of the necessary data is available in public databases, besides being presented feasible for erosion assessment, thus helping public policies for the sustainable use of natural resources.

Keywords: USLE; Water erosion; Soil conservation; Geoprocessing

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento rural sustentável implica no planejamento adequado do processo de produção agrícola e florestal, identificando e protegendo adequadamente as áreas de proteção para que se preserve os recursos hídricos e a biodiversidade, de forma a possibilitar o uso racional das áreas produtivas da paisagem. Os setores florestal e agrícola evoluíram bastante neste sentido, com a adoção de práticas sustentáveis de manejo.

Devido à forte dependência humana, econômica, ambiental e social, o solo é considerado um dos recursos naturais mais importantes (ABDO; SALLOUM, 2017). Historicamente, a erosão do solo tem sido tratada como uma das ameaças ambientais mais comuns e relevantes (XU; XU; MENG, 2012). Vários fatores estão relacionados com a perda de solo por erosão hídrica, dentre esses podem-se destacar a cobertura vegetal, a declividade da área, práticas de manejo do solo e a pluviosidade.

Monitorar a perda de solo dentro de uma bacia hidrográfica é uma atividade muito dispendiosa e impraticável, no entanto, com a popularização das geotecnologias nas últimas décadas, o planejamento do meio natural ganhou um forte aliado, os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Essa é uma tecnologia capaz de automatizar tarefas antes desempenhadas manualmente, facilitando análises complexas e consequentemente as tomadas de decisão (PRADO; NÓBREGA, 2005; TOMAZONI; GUIMARÃES, 2005).

Entre as modelagens matemáticas utilizadas, a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) é amplamente adotada para determinar, em níveis médios anuais, o volume de solo perdido por erosão hídrica. É um modelo empírico que estima a perda de solo com base em valores de quatro grandes fatores atuantes no processo erosivo: I) erosividade da chuva, II) erodibilidade dos solos, III) topografia, e IV) preparo, manejo do solo e práticas conservacionistas (VIEIRA, 2008). Esses modelos de simulação, quando aplicados às situações de campo auxiliam na determinação de práticas conservacionistas indicando o manejo mais adequado para cada cenário.

Objetivou-se com este estudo estimar a perda de solo por erosão hídrica na microbacia hidrográfica do córrego da Brisa, localizada no município de Alegre, Espírito Santo, pois trata-se de uma microbacia hidrográfica com características representativas das demais microbacias da região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo corresponde à sub-bacia hidrográfica do córrego da Brisa, afluente do rio Itapemirim, município de Alegre, estado do Espírito Santo entre as coordenadas 41°29'10" e 41°30'40" de longitude Oeste e 20°44'05" e 20°45'12" de latitude Sul.

O relevo da área de estudo varia de forte-ondulado a forte-montanhoso. O solo predominante é o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (CUNHA et al., 2016).

O clima da região enquadra-se no tipo Cwa (subtropical úmido com inverno seco e verão quente) de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual gira em torno de 22,2°C. A pluviosidade média anual encontra-se em 1200 mm (INMET, 2018).

A sub-bacia do córrego da Brisa em sua maior porção é utilizada para produção de gado com cultivo predominante de pastagem, conforme Tabela 1, possuindo uma área total de 292,10 hectares.

Tabela 1. Caracterização do uso e cobertura do solo e suas respectivas áreas ocupadas

Uso e cobertura do solo	Área (ha)	Área (%)
Pastagem	200,51	68,64
Mata Nativa	34,86	11,93
Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração	23,30	7,98
Área edificada	10,58	3,62
Reflorestamento - Eucalipto	7,54	2,58
Cultivo Agrícola - Café	7,21	2,47
Macega	6,91	2,37
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	0,58	0,20
Massa D'Água	0,56	0,19
Afloramento Rochoso	0,03	0,01
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	0,02	0,01
Total	292,10	100

Fonte: Moro (2018).

Para análise da estimativa da perda de solo utilizou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) desenvolvida em 1953 pelo *Soil and Water Conservation Research Division of the Agricultural Research Service* da Universidade de Purdue (EUA), que consiste de um modelo multiplicativo simples (Equação 1), no qual a perda média anual de solo é expressa em massa por unidade de área por tempo ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$), é dada pelo produto de seis fatores determinantes, sendo quatro fatores de origem naturais (R, K, L e S) e dois de origem antrópica (C e P) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012).

$$A=R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

Em que: A: Perda média anual de solo ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$); R: Fator de erosividade da chuva ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$); K: Fator erodibilidade do solo ($t\ h^{-1}\ MJ.mm^{-1}$); LS: Fator topográfico (adimensional); C: Fator preparo e cobertura do solo (adimensional); P: Fator práticas conservacionistas (adimensional).

De posse da imagem matricial de declividade, obtida através do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) foi utilizada a função de álgebra de mapas com objetivo de gerar a imagem matricial com o comprimento de rampa (L) de acordo com a Equação 2.

$$L = \sqrt{P^2 + \left(\frac{D}{100} \times P\right)^2} \quad (2)$$

Em que: L: Comprimento de rampa (adimensional); P: tamanho do pixel adotado (2m); D: Declividade do terreno (%).

Finalmente, foi aplicada novamente a função de álgebra de mapas, a partir da Equação 3, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2012):

$$LS = 0,00984 \times L^{0,63} \times D^{1,18} \quad (3)$$

Em que: LS: Fator topográfico (adimensional); L: comprimento de rampa (adimensional); D: Declividade do terreno (%).

O fator erosividade do solo (R) foi obtido através do aplicativo computacional netErosividade ES (MOREIRA et al, 2012), sendo o valor de R igual a $69,46\ MJ\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ para o município de Alegre, ES.

O solo predominante da microbacia hidrográfica do córrego da Brisa é o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e de acordo com Chagas (2011), o fator erodibilidade do solo (K) para esse tipo de solo é de 0,093756 (adimensional).

De posse do mapa de uso e ocupação do solo foi atribuído os respectivos valores dos fatores preparo e cobertura do solo (C) e práticas conservacionistas (P) de acordo com a vegetação de cobertura do solo de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Valores dos fatores C e P para os respectivos usos e cobertura do solo

Uso e cobertura do solo	Fator C	Fator P
Afloramento Rochoso	0,001	1
Cultivo Agrícola - Café	0,2	0,5
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes	0,2	0,5
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	0,5	0,7
Macega	0,005	0,1
Massa D'Água	0,001	0,001
Mata Nativa	0,05	0,1
Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração	0,05	0,1
Outros	0,01	1
Pastagem	0,12	0,3
Reflorestamento - Eucalipto	0,05	0,2

Fonte: Nunes (2013).

Por fim, foi realizada a integração das imagens matriciais geradas para cada fator da EUPS substituindo-as na Equação 1, obtendo-se dessa maneira a estimativa de perda de solo para a microbacia hidrográfica do córrego da Brisa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator LS da EUPS, apresentou valores variando de 0 a 16,6968 (adimensional), conforme a Figura 1, sendo que os valores mais baixos correspondem as áreas mais planas, enquanto valores mais altos correspondem as encostas mais íngremes da área de estudo. Os fatores R, K, C e P foram obtidos na literatura especializada, conforme mencionados na metodologia.

A perda de solo por erosão hídrica foi composta pela combinação dos fatores da EUPS (Equação 1), quantificados em um ambiente SIG, resultando na distribuição da perda de solo anual na área de estudo (Figura 2). Os valores de perda de solo na área variaram de 0 a 3,92 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Observou-se que o fator da EUPS que mais contribuiu para a perda de solo foi o fator LS, relacionado com a topografia do terreno, sendo que as encostas mais íngremes fornecem mais energia para produzir maiores velocidades de escoamento superficial acentuando o poder erosivo da água.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (2012), valores maiores do que 15 t ha⁻¹ ano⁻¹ podem não apresentar tolerância à perda máxima de solo com um grau de conservação tal que mantenha uma produção econômica sustentável, portanto a microbacia hidrográfica do córrego da Brisa apresenta sistemas de produção que contemplam práticas conservacionistas do solo, garantindo assim, uma produção agrícola e florestal sustentável.

Figura 1. Fator topográfico (LS) espacializado para a microbacia hidrográfica do córrego da Brisa

Figura 2. Perda de solo anual para a microbacia hidrográfica do córrego da Brisa

4. CONCLUSÃO

A utilização da EUPS em uma pequena bacia hidrográfica mostrou-se de aplicação simples, rápida e de baixo custo quando considerado que a maior parte dos dados necessários está disponível em bancos de dados públicos.

Ressalta-se, que os resultados obtidos pela sua utilização devem ser analisados com caráter qualitativo, considerando que muitos de seus parâmetros são estimados de forma alternativa.

Por fim, a utilização da EUPS combinada com um SIG, apresenta-se de forma viável para avaliação da erosão, podendo dessa forma, auxiliar políticas públicas para o uso sustentável dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

- ABDO, H.; SALLOUM, J. Spatial assessment of soil erosion in Alqerdaha basin (Syria). **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 3, p. 26-33, 2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. Ed. São Paulo: Ícone. 2012.
- CHAGAS, C. S. **Zoneamento agroecológico do município de Dois Irmãos do Buriti – MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 61 p.
- CUNHA, A. M.; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F.S.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do estado do Espírito Santo e implementação de interface no GEOBASES para uso dos dados em SIG. **Geografares**, v.2, n.22, p. 32-65, 2016.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Climatologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em 09 out. 2018.
- MOREIRA, M. C.; CECILIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M.; PRUSKI, F. F.; FUKUNAGA, D. C. Programa computacional para estimativa da erosividade da chuva no Espírito Santo. **Revista de Engenharia na Agricultura**, v. 20, n. 4, p. 350-356, 2012.
- MORO, I. P. **Aplicação de modelo para determinação da largura de faixas de vegetação no entorno de cursos d'água: estudo da microbacia do córrego da Brisa, em Alegre – ES**. 2018. 40p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.
- NUNES, A. R. **Confronto do uso e ocupação da terra em APP's e estimativa de perda de solo na bacia hidrográfica do rio Alegre**. 2013. 80p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.
- PRADO, J. P. B.; NÓBREGA, M. T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego Ipiranga em Cidade Gaúcha, Estado do Paraná, com aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS). **Acta Scientiarum Technology**, v. 27, p. 33-42, 2005.
- TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 57, p. 235-244, 2005.

VIEIRA, V. F. Estimativa de perdas de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica. **Revista de Geografia da Universidade estadual de Londrina**, v. 17, n. 1, p.73-80, 2008.

XU, L.; XU, X.; MENG, X. Risk assessment of soil erosion in different rainfall scenarios by RUSLE model coupled with Information Diffusion Model: a case study of Bohai Rim, China. **Catena**, v. 100, p. 74-82, 2012.

Capítulo 4

CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO ARBUSTIVO-ARBÓREA SOB A COPA DE *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim (PENTAPHYLACACEAE)

Jéssica Tetzner de Oliveira¹, Guilherme José Mores¹, Patrícia Borges Dias¹,
Anna Lara da Silva Rodrigues¹, Sustanis Horn Kunz¹, João Paulo Fernandes Zorzanelli¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: mores_gui@hotmail.com

Resumo: Espécies arbóreas de dossel atuam na formação de micro sítios, pois aparentemente influenciam nas taxas de luminosidade e umidade, deixando o ambiente sob a sua copa favorável ou não ao desenvolvimento de outras espécies de plantas. Uma importante informação nesse contexto é conhecer a ecologia e funcionalidade de espécies com potencial de nucleação para atender assertivamente a demandas ambientais. *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim é uma espécie arbórea, com habilidade para restauração de áreas, mas seus aspectos funcionais e ecológicos ainda são desconhecidos. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar se o dossel de *F. atlantica* influencia a comunidade vegetal adulta abaixo de sua copa. Plotamos um total de 22 unidades amostrais, distribuídas igualmente entre locais com *F. atlantica* (CF) e sem influência dessa espécie (SF) e amostramos todas as espécies arbustivo-arbóreas com diâmetro a altura do peito (DAP) $\geq 2,5$ cm, sendo obtidos assim os dados os parâmetros ecológicos, diversidade florística e estrutura diamétrica para cada uma das situações. Para todos os parâmetros avaliados, tanto de composição florística como da estrutura, os valores obtidos foram ligeiramente semelhantes entre CF e SF, indicando que a comunidade vegetal estudada é homogênea. A presença de *F. atlantica* não é um indicativo de mudanças na composição e estrutura da vegetação e também não influencia a assembleia de espécies sob sua copa.

Palavras chave: composição florística, estrutura fitossociológica, restauração de áreas degradadas.

CHARACTERIZATION OF WOOD VEGETATION UNDER THE CANOPY OF *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim (PENTAPHYLACACEAE)

Abstract: Canopy tree species act in the formation of micro sites, as they apparently influence the luminosity and humidity rates, leaving the environment under its crown favorable or not to the development of other plant species. An important information in this context is to know the ecology and functionality of species with nucleation potential to assertively meet environmental demands. *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim is a tree species with ability to restore areas, but its functional and ecological aspects are still unknown. Thus, the objective of this work was to verify if the canopy of *F. atlantica* influences the adult plant community below its crown. We plotted a total of 22 sample units, distributed evenly between sites with and without *F. atlantica* (CF) influence and sampled all shrub-tree species with diameter at breast height (DBH) ≥ 2.5 cm. Thus, the ecological parameters, floristic diversity and diameter structure were obtained for each of the situations. For all parameters evaluated, both floristic composition and structure, the values obtained were slightly similar between CF and SF, indicating that the plant community studied is homogeneous. The presence of *F. atlantica* is not indicative of changes in vegetation composition and structure, nor does it influence the assemblage of species under its canopy.

Keywords: floristic composition, phytosociological structure, restoration of degraded areas.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica é considerada um dos hotspots mundiais prioritários para conservação em função de sua conhecida diversidade de flora e fauna e nível de endemismos (FORZZA et al., 2012), convivendo em um cenário de pequenos fragmentos florestais dispersos oriundos historicamente da devastação florestal para atender diversos fins (SCARANO; CEOTTO, 2015).

Com a constante redução das áreas de floresta e o aumento de áreas degradadas, a restauração ecológica surge como uma das ações mais promissoras para reduzir os efeitos da perda de biodiversidade causada por intervenções antrópicas na paisagem (WORTLEY et al., 2013). Conhecer o comportamento ecológico e funcional das espécies de plantas que serão utilizadas em projetos de restauração de áreas, bem como compreender suas interações com indivíduos regenerantes é fundamental (THOMAS et al., 2014).

Espécies arbóreas de dossel, por exemplo, atuam na formação de micro sítios, pois aparentemente influenciam nas taxas de luminosidade e umidade, deixando o ambiente sob a sua copa favorável ou não ao desenvolvimento de outras espécies de plantas (SPADETO, 2014). Em florestas tropicais alguns estudos foram desenvolvidos a fim de investigar o papel dos diferentes fatores influenciados por espécies arbóreas sob a sua copa, entretanto poucos indicativos de um efeito diferenciado sob dossel das espécies foram observados (SOUZA, 2007).

Recentemente descrita, *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim (ZORZANELLI et al., 2016) é uma espécie arbórea que parece exercer função importante como nucleadora da diversidade em vegetações úmidas de montanhas. No entanto, as informações ecológicas disponíveis são pouco abrangentes e abordam especificamente a questão dos aspectos fenológicos da espécie.

Nesse sentido, nosso interesse é expandir o conhecimento acerca das características funcionais desta espécie com potencial uso para restauração de áreas degradadas. Assim, nosso objetivo foi verificar se o dossel de *F. atlantica* influencia a comunidade vegetal adulta abaixo de sua copa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O presente estudo foi realizado na Serra do Valentim (Figura 1), localizada na região Sul do estado do Espírito Santo (41°28'26''W e 20°21'59''S). A altitude do local é em torno de 1.100 m a 1.500 m, sendo que *Freziera atlantica* apresenta distribuição gregária na população e está restrita a altitudes acima de 1.400 m.

A região apresenta clima tropical de altitude com verão quente e inverno seco, sendo classificado por Alvares et al. (2013) como do tipo Cfb. A temperatura média anual encontra-se entre 18 e 20 °C (CASTRO et al., 2010), e a precipitação média anual é de 1414 mm (PAIVA et al., 2010). A vegetação da localidade é pertencente ao domínio da Floresta Atlântica e sofre influência da fitofisionomia da Floresta Ombrófila Densa (JOLY et al., 2014), apresentando grande diversidade de formações florestais e espécies de plantas importantes do ponto de vista conservacionista. Além disso, devido aos cortes seletivos de madeira no passado e recorrência de incêndios florestais em conjunto com extração intensa e indiscriminada do palmito jussara (*Euterpe edulis* Mart.), áreas de regeneração podem ser observadas neste remanescente (ZORZANELLI et al., 2017).

Figura 1. Localização do fragmento florestal na Serra do Valentim, ES, onde ocorre a população de *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim

Nota: (a); flores e frutos jovens no ramo florífero (b); verticilo floral reprodutivo, mostrando os estames e o pistilo (c). Escala: 2,5 cm (b); 1,2 cm (c).

2.2. Métodos

2.2.1. Estrutura, diversidade e similaridade florística

Para coleta dos dados dos indivíduos arbustivo-arbóreos da vegetação foi utilizado o método de parcelas permanentes (FELFILI et al., 2011). Foram estabelecidas 22 unidades amostrais de forma assistemática com dimensões de 10 m x 10 m (100 m²), sendo 10 parcelas implantadas sob a copa de *Freziera atlantica* (CF) outras 10 em locais sem influência de *F. atlantica* (SF).

Foram mensurados os diâmetros a altura do peito (DAP) $\geq 2,5$ cm e alturas totais de todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos. Materiais botânicos vegetativos e reprodutivos foram obtidos para posterior identificação por meio de consulta a taxonomistas, ao herbário virtual Re flora (<http://www.reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbario/virtual>) e literaturas especializadas (e.g. WANDERLEY et al., 2012).

Foram obtidos os parâmetros fitossociológicos tradicionais para a comunidade arbustivo-arbórea postulados por Brower et al. (1998), como densidade, dominância, frequência e valor de importância. Para estimar a diversidade florística foi utilizado o índice de Shannon (H') por meio do uso da base logarítmica natural (MAGURRAN, 1988). Além disso, foi estimada a equabilidade de Pielou por meio da relação entre a diversidade encontrada (J') e a máxima diversidade teórica para verificar se existem espécies predominantes na vegetação. Para todas as análises descritas acima foi utilizado o *software* Fitopac 2.1 (SHEPHERD, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados um total de 1.039 indivíduos, distribuídos nas duas situações amostrais (CF e SF). Esses indivíduos estão representados por 40 famílias botânicas, 67 gêneros e 104 espécies, sendo 102 angiospermas e duas gimnospermas. *Euterpe edulis* e *Clethra scabra* foram as espécies que apresentaram maior número de indivíduos, a primeira sendo comum no sub-bosque de vegetações da Floresta Atlântica (ROTHER et al., 2016), principalmente nas de altitude, e a segunda sendo abundante em florestas intermediárias, ocorrendo em trechos perturbados com boas condições e luminosidade (FERREIRA et al., 2017).

As famílias com maiores riquezas de espécies em CF e SF, respectivamente foram: Melastomataceae (7; 11 spp.), Lauraceae (6; 10), Myrtaceae (6; 8) e Rubiaceae (6; 4). As espécies com maiores abundâncias nos dois tratamentos foram: *Euterpe edulis* (140; 118 ind.), *Clethra scabra* (118; 82), *Hedyosmum brasiliense* (57; 31), *Vernonanthura divaricata* (32; 17) e *Tovomitopsis paniculata* (17; 15).

As quatro espécies comuns com maior valor de importância (VI), para os dois tratamentos considerados, foram *C. scabra* (50; 54,2% respectivamente CF e SF), *E. edulis* (44,9; 49,7), *H. brasiliense* (22,5; 17,7) e *V. divaricata* (16,6; 12,7) (Tabelas 1 e 2). Espécies como *C. scabra* e *H. brasiliense* estão associadas a ambientes de altitudes elevadas. Os gêneros *Clethra* e *Hedyosmum* apresentam forte correlação com ambientes de maior altitude da região sudeste do Brasil (OLIVEIRA-FILHO, et al. 2004).

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos para as dez espécies de maiores VI nas unidades amostrais com a presença da *Freziera atlantica*, na Serra do Valentim, ES

Espécies	N	DoR	DR	FR	VI
<i>Clethra scabra</i> Pers.	118	23,99	20,45	5,62	16,69
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	140	15,03	24,26	5,62	14,97
<i>Freziera atlantica</i> Zorzanelli & Amorim	16	24,95	2,77	5,06	10,93
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. Ex Mig.	57	7,56	9,88	5,06	7,50
<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	32	5,43	5,55	5,62	5,53
<i>Miconia fasciculata</i> Gardner	20	1,58	3,47	2,81	2,62
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	9	3,32	1,56	2,81	2,56
<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	10	1,44	1,73	3,93	2,37
<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	17	0,95	2,95	2,81	2,23
<i>Cyathea dichromatolepis</i> (Fée) Domin	9	1,11	1,56	2,81	1,82

Nota: N: Número de indivíduos; DoR: Dominância relativa; DR: Densidade relativa; FR: Frequência relativa e VI: Valor de importância.

Tabela 2. Parâmetros fitossociológicos para as dez espécies de maiores VI nas unidades amostrais sem influência da *Freziera atlantica*, na Serra do Valentim, ES

Espécies	N	DoR	DR	FR	VI
<i>Clethra scabra</i> Pers.	82	30,91	17,75	5,56	18,07
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	118	18,67	25,54	5,56	16,59
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. Ex Mig	31	7,73	6,71	3,33	5,92
<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	17	4,59	3,68	4,44	4,24
<i>Cyathea dichromatolepis</i> (Fée) Domin	13	2,32	2,81	3,33	2,82
<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	15	1,28	3,25	3,33	2,62
<i>Miconia fasciculata</i> Gardner	8	2,81	1,73	2,22	2,25
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	11	0,97	2,38	3,33	2,23
<i>Myrsine lancifolia</i> Mart.	9	1,04	1,95	3,33	2,11
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	6	1,3	1,3	3,33	1,98

Nota: N: Número de indivíduos; DoR: Dominância relativa; DR: Densidade relativa; FR: Frequência relativa e VI: Valor de importância.

Os valores de diversidade florística ($CF= 2,95$; $SF= 3,17$ nats./ind.) e equabilidade de Pielou ($CF= 0,68$; $SF= 0,71$) encontrados nos dois ambientes estudados são relativamente semelhantes. Esses índices estão associados diretamente à abundância de indivíduos distribuída entre as espécies e a riqueza de espécies na vegetação (MELO, 2008), o que reflete na equabilidade. *E. edulis*, por exemplo, foi representada por 258 indivíduos (Tabelas 1 e 2), correspondendo a 24,8% da comunidade total.

A distribuição diamétrica da comunidade estudada apresentou tendência ao padrão J-invertido, padrão esperado para florestas inequidâneas (Figura 2). Em ecossistemas de floresta natural tropical, as espécies arbóreas podem apresentar diferentes tendências ou curvas de distribuição diamétrica. Diante do contexto, foi possível observar que a menor classe diamétrica apresentou maior densidade de indivíduos para ambos os casos, indicando que a maioria das populações pode estar em fase inicial de estabelecimento (SOUZA et al., 2012) ou pelas limitações impostas pela elevada altitude.

Figura 2. Distribuição do número de indivíduos de uma comunidade arbustiva- arbórea por classes de diâmetro, amostrados na Serra do Valentim, ES

A maior concentração de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro pode caracterizar uma comunidade-estoque, com elevada quantidade de espécimes jovens na comunidade, mostrando a existência de taxas propícias de recrutamento de novos indivíduos (SCOLFORO et al., 1997). Assim, os indivíduos presentes no sub-bosque poderão substituir os que já atingiram a máxima maturidade, sugerindo uma vegetação em equilíbrio, com condições de autossustentabilidade (COLONETTI et al., 2009).

4. CONCLUSÃO

Padrões florísticos e estruturais semelhantes foram encontrados entre as situações CF e SF, indicando que a comunidade vegetal estudada é homogênea. A presença de *F. atlantica* não é um indicativo de mudanças na composição e estrutura da vegetação e também não influencia a assembleia de espécies sob sua copa.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Senhor Aristides Silveira e família pela permissão para acessar a área de estudo e à FAPES pela concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora (Edital PIIC 2017/2018). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. **Field and laboratory methods for general ecology**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 1998.
- CASTRO, F. da S.; PEZZOPANE, J. R. M.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M. Uso de imagens de radar na espacialização da temperatura do ar. **Idesia**, v.28, n.3, p.69-79, 2010.
- COLONETTI, S. et al. Florística e estrutura fitossociológica em floresta ombrófila densa submontana na barragem do rio São Bento, Siderópolis, Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 397-405, 2009.
- FELFILI, Jeanine Maria et al. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de casos**. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, p. 86-121, 2011.
- FERREIRA, P.I.; PALUDO, G.F.; CHAVES, C.L.; BORTOLUZZI, R.L.C.; MANTOVANI, A. Potencial de fragmentos florestais inseridos dentro de floresta de exóticas para a restauração da floresta com araucárias. **Ciência Florestal**, v.27, n.3, p.1049-1060, 2017.
- FORZZA, R.C.; BAUMGRATZ, J.F.A.; BICUDO, C.E.M. et al. New brazilian floristic list highlights conservation challenges. **BioScience**, v.62, n.1, p.39-45, 2012.
- JOLY, C.A.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p.459-473, 2014.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. London, Croom Helm., 1988.
- MELO, A. S. O que ganhamos 'confundindo' riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade?. **Biota Neotropica**. v. 8, n. 3 (jul./set. 2008), p. 21-27, 2008.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 2, p. 291–309, jun. 2004.

- ROTHER, D.C.; RODRIGUES, R.R.; PIZO, M.A. Bamboo thickets alter the demographic structure of *Euterpe edulis* population: A keystone, threatened palm species of the Atlantic forest. **Acta Oecologica**, v.70, p.96-102, 2016.
- SCARANO, F.R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.
- SCOLFORO, J.; MACHADO, S.; SILVA, S. 1997. **O manejo da vegetação nativa através de corte seletivo**: curso de manejo florestal sustentável, tópicos de manejo florestal sustentável. Curitiba: Colombo, EMBRAPA-CNPq, 253p.
- SHEPHERD, G. J. **Fitopac**. Versão 2.1.2.85. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- SOUZA, F. M. **Associação entre espécies arbóreas do dossel e do sub-bosque em uma Floresta Estacional Semidecidual**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- SOUZA, P. B.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de floresta estacional semidecidual, em Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 151-160, 2012.
- SPADETO, Cristiani. **Avaliação de uma área em restauração florestal e sob a copa de espécies arbóreas em florestas ombrófila densa das terras baixas**. 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais.
- THOMAS, E.; JALONEN, R.; BOSHIER, D.; GALLO, L.; CAVERS, S.; BORDÁCS, S.; SMITH, P.; BOZZANO, M. Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species. **Forest Ecology and Management**, v.233, p.66-75, 2014.
- WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; MELHEM, T.S.; GIULIETTI, A.M.; MARTINS, S.E. **Flora fanerogâmica do estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2012.
- WORTLEY, L.; HERO, J.-M.; HOWES, M. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. **Restoration Ecology**, v.21, n.5, p.537-543, 2013.
- ZORZANELLI, J.P.F.; CARRIJO, T.T.; FIASCHI, P.; JARDIM, J.G.; SANTAMARÍA-AGUILLAR, D.; AMORIM, A.M. A first record *Freziera* (Pentaphylacaceae) from the Brazilian Atlantic forest, with the description of a new species. **Systematic Botany**, v.40, n.4, p.1075-1080, 2016.
- ZORZANELLI, J.P.F.; DIAS, H.M.; SILVA, A.G.; KUNZ, S.H. Vascular plant diversity in a Brazilian hotspot: floristic knowledge gaps and tools for conservation. **Brazilian Journal of Botany**, 2017. DOI 10.1007/s40415-017-0386-z

Capítulo 5

CARACTERIZAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL SOB A COPA DE *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim (PENTAPHYLACACEAE)

Anna Lara da Silva Rodrigues¹, Guilherme José Mores¹, Patrícia Borges Dias¹,
Jéssica Tetzner de Oliveira¹, Sustanis Horn Kunz¹, João Paulo Fernandes Zorzanelli¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: mores_gui@hotmail.com

Resumo: As ações antrópicas estão cada vez mais causando a degradação da natureza e reduzindo a capacidade de regeneração das florestas. Com isso, o estudo da regeneração natural é uma ferramenta crucial para compreender as respostas ecológicas frente a esses distúrbios, além de analisar a composição e o estado de conservação dos fragmentos florestais. *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim é uma espécie arbórea recentemente descrita na ciência e pouco conhecida sobre suas características e funções ecológicas, mas apresenta potencial para restauração de áreas degradadas. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi investigar a influência de *F. atlantica* sobre a regeneração natural abaixo de sua copa. A pesquisa foi realizada na Serra do Valentim, ES, utilizando 22 unidades amostrais demarcadas, sendo 11 parcelas plotadas em locais com ocorrência de *F. atlantica* (CF) e 11 em áreas sem influência dessa espécie (SF). Em cada unidade amostral foram marcadas quatro subparcelas de 2 x 2 m para amostragem da regeneração natural. Foram contabilizados 137 indivíduos regenerantes na área CF, distribuídos em 51 espécies e 25 famílias e 150 indivíduos regenerantes na área SF, distribuídos em 38 espécies e 15 famílias. Os parâmetros estruturais avaliados e a diversidade florística encontrada foram ligeiramente semelhantes entre os locais amostrados. A presença de *F. atlantica* foi indiferente para estrutura e composição florística da regeneração natural sob sua copa, indicando homogeneidade da comunidade vegetal.

Palavras chave: composição florística, diversidade florística, estrutura fitossociológica.

CHARACTERIZATION OF NATURAL REGENERATION UNDER THE *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim (PENTAPHYLACACEAE)

Abstract: Anthropic actions are increasingly causing the degradation of nature and reducing the regenerative capacity of forests. Thus, the study of natural regeneration is a crucial tool for understanding the ecological responses to these disturbances, as well as analyzing the composition and conservation status of forest fragments. *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim is a tree species recently described in science and little known about its ecological characteristics and functions, but has potential for restoration of degraded areas. In this context, the objective of this work was to investigate the influence of *F. atlantica* on the natural regeneration below its crown. The research was carried out in Serra do Valentim, ES, using 22 demarcated sample units, 11 samples plotted in locations with occurrence of *F. atlantica* (CF) and 11 in areas without influence of this species (SF). In each sampling units four subplots of 2 x 2 m were marked for sampling natural regeneration. There were 137 regenerating individuals in CF area, distributed in 51 species and 25 families and 150 regenerating individuals in SF area, distributed in 38 species and 15 families. The structural parameters evaluated and the floristic diversity found were slightly similar among the sampled sites. The presence of *F. atlantica* was indifferent to the structure and floristic composition of natural regeneration under its crown, indicating homogeneity of the plant community.

Keywords: floristic composition, floristic diversity, phytosociological structure.

1. INTRODUÇÃO

As ações antrópicas estão alterando cada vez mais as vegetações e um grande efeito dessas agressões tem sido a redução da capacidade das florestas se regenerarem. A regeneração natural em florestas ocorre de forma complexa e seu estudo é de suma importância para compreender as respostas ecológicas a distúrbios antrópicos e naturais (SANTOS et al., 2015).

Por meio do estudo da regeneração natural é possível observar a proporção da grande diversidade de espécies oriundas da interação planta-animal (AIDE et al., 2000). A condução da regeneração é considerada uma ótima ferramenta na restauração de áreas degradadas, sendo explicada por diversas ações que tem por objetivo restabelecer as condições existentes nos ecossistemas e suas interações ecológicas (GAMA et al., 2013).

A regeneração natural em florestas permite analisar a composição e o estado de conservação dos fragmentos florestais, como também verificar as repostas das florestas as diversas perturbações. O sucesso da condução da regeneração é essencial para a conectividade entre os fragmentos florestais (TABARELLI et al., 2005) para, consequentemente, preservar os recursos hídricos e fauna regionais.

Diversos fatores propiciam o êxito da regeneração natural, um deles é a copa das árvores (ARÉVALO; FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2005). De acordo com Powers et al., (1997), o sombreamento do subbosque, oriundo da copa das árvores plantadas, pode facilitar a regeneração natural devido ao aumento de trânsito de aves e morcegos, trazendo diásporos para essas áreas.

Freziera atlantica Zorzanelli & Amorim é uma espécie arbórea recentemente descrita (ZORZANELLI et al., 2016) e conhecida por apenas duas populações. Os estudos disponíveis na literatura discorrem apenas sobre a fenologia da espécie (OLIVEIRA, 2016), mas sua função ecológica ainda permanece obscura, apesar de *F. atlantica* apresentar potencial para uso na restauração de áreas degradadas em vegetações úmidas de montanhas. Assim, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar o efeito da copa de *Freziera atlantica*, sob a regeneração natural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O local estudado situa-se ao norte da bacia hidrográfica do Itapemirim, na Serra do Valentim (Figura 1), Iúna, Espírito Santo (coordenadas centrais, 41°28'26''W e 20°21'59''S, 1.400 a 1.500 m de altitude). As propriedades rurais do entorno cultivam café arábica (*Coffea arabica* L.) e manejam pastagens (*Brachiaria* sp.) (ZORZANELLI et al., 2017). Os limites da localidade estão inseridos em uma das áreas para conservação da biodiversidade definidas pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (2008) como de extrema importância ecológica.

O clima da região é classificado por Alvares et al. (2013) como do tipo Cfb, com clima mesotérmico e úmido, verão e inverno bem definidos e temperatura média anual do mês mais quente maior ou igual 10°C.

A vegetação está inserida no domínio da Floresta Atlântica (JOLY et al., 2014) e abrange as fitofisionomias Floresta Ombrófila Densa Montana, Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Floresta Nebular e Campos de Altitude (ZORZANELLI et al., 2017). Alguns estudos (e.g. ZORZANELLI et al., 2017) atestaram a importância florística da Serra do Valentim, possibilitando afirmar que o local representa um abrigo para espécies ameaçadas de extinção. Além disso, há grande volume de serapilheira sobre a camada superficial do solo, sendo orgânica e turfosa, principalmente nas vegetações de maior altitude. Distúrbios devido à extração ilegal do palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.) são comuns na vegetação e incêndios florestais são recorrentes na Serra do Valentim.

Figura 1. Localização do fragmento florestal na Serra do Valentim, ES, onde ocorre a população de *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim

Nota: (a); flores e frutos jovens no ramo florífero (b); verticilo floral reprodutivo, mostrando os estames e o pistilo (c). Escala: 2,5 cm (b); 1,2 cm (c).

2.2. Métodos

Alocamos assistematicamente 22 parcelas com dimensões 10 x 10 m. Das 22 unidades amostrais selecionadas, 11 foram implantadas na zona com presença da copa de *Freziera atlantica* (CF) e as outras 11 na zona sem a presença da espécie (SF).

Dentro de cada parcela foram implementadas quatro subparcelas de 2 x 2 m, nas extremidades de cada unidade amostral. Incluímos em nossa amostragem todos os indivíduos lenhosos vivos com $DAP \leq 2,5\text{cm}$ e altura mínima de 20 cm.

Os indivíduos coletados foram identificados por comparação com materiais botânicos depositados nos Herbário VIES e CAP e consulta aos herbários online Herbário Virtual Re flora (reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/) e JABOT (jabot.jbrj.gov.br/). Classificamos as

famílias botânicas de angiospermas com base na classificação proposta pelo APG IV (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP 2016) e para gimnospermas seguindo Christenhusz e Chase (2014). Nomes aceitos das espécies, sinônimas e autores conferimos por meio da Lista de Espécies da Flora do Brasil (BFG, 2015).

Analizamos os parâmetros ecológicos tradicionais como densidade, dominância, frequência e valor de importância (VI), além de estimarmos a diversidade florística (H') (BROWER et al., 1998). Utilizamos o software Fitopac 2.0 (SHEPHERD, 2010) para estimativa dos parâmetros ecológicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram contabilizados 137 indivíduos regenerantes na área CF, distribuídos em 51 espécies e 25 famílias. A espécie com maior número de indivíduos foi *Euterpe edulis* Mart. (52 ind.), representando 37,96% dos regenerantes. Foram amostrados 150 indivíduos regenerantes na área SF, distribuídos em 38 espécies e 15 famílias, também representadas pelas cinco espécies de maior VI (Tabela 1). *E. edulis* também foi representada pelo maior número de indivíduos (69 ind.) nesse tratamento (46% dos regenerantes).

Tabela 1. Lista das 5 espécies regenerantes de maior VI e parâmetros da estrutura no tratamento com e sem *Freziera atlantica*

Espécies CF	N	K	DR	FR	DoR	VI
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	52	11	38,0	15,0	71,30	41,40
<i>Psychotria pleiocephala</i> Müll.Arg.	5	3	3,7	4,1	1,25	2,99
<i>Leandra fallax</i> (Cham.) Cogn.	3	3	2,2	4,1	1,91	2,72
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	4	3	2,9	4,1	0,70	2,56
<i>Cyathea</i> J.Sm.	2	1	1,5	1,4	4,70	2,50
Espécies SF	N	K	DR	FR	DoR	VI
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	69	9	46,0	15,0	69,7	43,6
<i>Psychotria pleiocephala</i> Müll.Arg.	9	4	6,0	6,7	3,41	5,36
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	5	4	3,3	6,7	1,04	3,68
<i>Miconia fasciculata</i> Gardner	7	3	4,7	5,0	0,89	3,52
<i>Tovomitopsis paniculata</i> (Spreng.) Planch. & Triana	6	2	4,0	3,3	1,73	3,02

Nota: (CF= Com *Freziera*; SF= Sem *Freziera*; N=número de indivíduos; K= número de parcelas onde a espécie apareceu; DoA= dominância absoluta; DoR= dominância relativa; DA= densidade absoluta; DR= densidade relativa; FA= frequência absoluta; FR= frequência relativa; VI= valor de importância).

As famílias com maior riqueza de espécies na área CF foram Melastomataceae (8spp.), Rubiaceae e Myrtaceae (6) e Lauraceae (3). As famílias com maior destaque na área sem a influência da *F. atlantica* foram Lauraceae e Rubiaceae (6), Myrtaceae (5) e Melastomataceae e Sapindaceae (4).

A família com maior destaque em números de indivíduos nas duas situações foi a Arecaceae, devido à presença de *E. edulis*. A espécie está na Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçada de Extinção (MMA, 2008), devido à extração predatória do palmito-juçara (BOVI, 1998). Apesar de a espécie ser expressiva na regeneração natural na Serra do Valentim, ocorre a exploração indiscriminada em locais de fácil acesso, onde o fluxo de pessoas é maior. E certamente, em breve a área de estudo será alvo desta extração.

Melastomataceae e Myrtaceae também apresentaram alto número de indivíduos, em ambas as ocasiões. Segundo Albuquerque et al. (2013), Melastomataceae desempenha um importante papel quando se refere a sucessão ecológica, pois em sua maioria as espécies são pioneiras e capazes de colonizar áreas pós-distúrbio.

A alta ocorrência da família Myrtaceae pode estar relacionada à sua dispersão zoocórica, aumentando a probabilidade de colonizar diversas áreas (ARAÚJO, 2002). Enquanto a presença do gênero *Psychotria* deve-se pelo fato das características morfológicas e a adaptação em ambientes com as características do ecossistema de Floresta Ombrófila Montana (FREDERICKSEN; MOSTACEDO, 2000), que são florestas de altitudes elevadas. Destacamos ainda que as sementes de *Psychotria vellosiana* podem permanecer no solo por longo período, podendo compor banco de sementes persistente (ARAÚJO; CARDOSO, 2006).

O índice de diversidade florística foi maior na área CF ($H' = 1,59$ nats./ind.), do que na área SF ($H' = 1,29$ nats./ind.), indicando baixa diversidade nas duas situações de amostragem. Nosso índice de diversidade pode ser considerado baixo em comparação a outros estudos envolvendo o estrato regenerante em formações de Floresta Ombrófila Densa (OLIVEIRA et al., 2013; PELUZIO et al., 2018), mas pode ser explicado pela baixa amostragem e relativa abundância de *E. edulis* na vegetação.

Os parâmetros analisados foram ligeiramente semelhantes, permitindo concluir que a vegetação amostrada seja uma assembleia de plantas com composição e estrutura semelhantes. Em contrapartida, Farris-lobes et al. (2004) descobriram que espécies como a palmeira *Oenocarpus mapora* H.Karst, podem reduzir a composição de espécies do sub-bosque, devido a redução de luminosidade e de maior acúmulo de serapilheira.

Em florestas tropicais a disponibilidade de luz no sub-bosque é abaixo de 2%, isso é devido à arquitetura das copas, bem como a distribuição das árvores e arbustos na comunidade vegetal (KABAKOFF; CHAZDON, 1996). Esse fato pode ajudar a explicar a razão de não se encontrar indivíduos regenerantes de *F. atlantica*, visto que esta espécie pode pertencer ao grupo das pioneiras, necessitando de maior luminosidade nos estágios iniciais.

Teixeira (2017), avaliando a regeneração natural na Serra do Valentim, também não encontrou essa espécie no estrato regenerante. Mas na avaliação do banco de sementes, *F. atlantica* foi uma das espécies com maior número de indivíduos germinados. Isso mostra que a espécie em questão apresenta alto investimento no banco de sementes como forma de se perpetuar no ambiente.

Embora nosso estudo se concentre em apenas uma espécie, é fundamental a compreensão mais completa de outros fatores que interferem no estabelecimento das plantas, como a profundidade de serapilheira (FARRIS-LOPES et al., 2004) e a luminosidade incidente no sub-bosque (KABAKOFF; CHAZDON, 1996).

Assim, sugerimos a realização de estudos específicos, testando a hipótese de existência de efeito alelopático da serapilheira sobre o solo, luminosidade e pesquisas direcionadas à competição interespecífica. Compreender a complexidade do comportamento de *F. Atlantica* irá favorecer a proposição de medidas de conservação da espécie e seu uso em projetos de restauração de áreas degradadas nas montanhas úmidas.

4. CONCLUSÃO

A presença de *Freziera atlantica* não influenciou a estrutura e a composição florística da regeneração natural sob sua copa. Parâmetros ecológicos e índices de diversidade relativamente semelhantes podem indicar a homogeneidade da vegetação estudada.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Senhor Aristides Silveira e família pela permissão para acessar a área de estudo e à UFES pela concessão de bolsa de iniciação científica à primeira autora. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AIDE, T. M., ZIMMERMAN, J. K., PASCARELLA, J. B., RIVERA, L., & MARCANOVEGA, H. Mitchell et al. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. **Restoration ecology**, v. 8, n. 4, p. 328-338, 2000.
- ALBUQUERQUE, L., AQUINO, F., COSTA, L., MIRANDA, Z., & SOUSA, S. Espécies de *Melastomataceae* Juss. com potencial para restauração ecológica de mata ripária no Cerrado. **Polibotânica**, n. 35, p. 1-19, 2013.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.
- ARAÚJO, C. G., CARDOSO, V. J. M. Storage in cerrado soil and germination of *Psychotria vellosiana* (RUBIACEAE) seeds. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2, p. 709-717, 2006.
- ARAÚJO, M. M. **Vegetação e mecanismos de regeneração em fragmento de Floresta Estacional Decidual Ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2002. 153f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.
- ARÉVALO, J. R.; FENÁNDEZ-PALACIOS, J. M. Gradient analysis of exotic *Pinus radiata* plantations and potential restoration of natural vegetation in Tenerife, Canary Islands (Spain). **Acta Oecologica**, Paris, v. 27, p. 1-8, 2005.
- BOVI, M. L. A.; GODOY JUNIOR, G.; SAES, L. A Pesquisa com o gênero *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, 1. 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa, CNPF, 1988. p. 1-44.
- BRAZILIAN FLORA GROUP (BFG) Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v.66, p.1085-1113, 2015.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; VON ENDE, C.N. **Field and laboratory methods for general ecology**. 4.ed. New York: McGraw-Hill, 1998.
- CHRISTENHUSZ, M.J.M.; CHASE, M.W. Trends and concepts in fern classification. **Annals of Botany**, v.113, p.571-594, 2014.
- FARRIZ-LOPES, K., DENSLOW, J. D., MOSER, B., PASSMORE, H. Influence of a common palm, *Oenocarpus mapora*, on seedling establishment in a tropical moist forest in Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, p. 429-438, 2004.
- FREDERICKSEN, T.S., MOSTACEDO, B. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, n. 13, p. 47-55, 2000.
- GAMA, V.F.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M.; RIBEIRO, M.C. Site selection for restoration planning: a protocol with landscape and legislation based alternatives. **Natureza & Conservação**, v.11, n.2, p.1-12, 2013.
- JOLY, C.A.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p.459-473, 2014.

KABAKOFF, R. P., CHAZDON, R. L. Effects of canopy species dominance on understorey light availability in low-elevation secondary forest stands in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, n. 6, p. 779-788, 1996.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. 2nd ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2008.

OLIVEIRA, L. S. B. et al. Fitossociologia da regeneração natural de uma Floresta Ombrófila Densa em Moreno, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 119-124, 2013.

OLIVEIRA, S.O. **Aspectos fenológicos de *Freziera atlantica* Zorzanelli & Amorim (Pentaphylacaceae) na Serra do Valentim, Espírito Santo**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

PELUZIO, T. M. O., LOUZADA, F. L. R. O., SALIM NETO, S. C., KUNS, S. H. Regeneração natural de pastagem versus fragmento de floresta ombrófila densa alto montana. **Nucleus**, v. 15, n. 3, p. 371-382, 2018.

POWERS, S.; HAGGAR, J. P.; FISHER, R. F. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness in seven year old plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, v. 99, p.43-54, 1997.

SANTOS, K. F.; SOUZA-FERREIRA, T.; HIGUCHI, P.; SILVA, A.C.; VANDRESEN, P.B.; COSTA, A.; SOUZA, F. Regeneração natural do componente arbóreo após a mortalidade de um maciço de taquara em um fragmento de floresta ombrófila mista em Lages-SC. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 107-117, 2015.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac**. Versão 2.1.2.85. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.M.; BEDÊ, L.C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

TEIXEIRA, J. M. G. **Mecanismos de regeneração natural em área incendiada em uma floresta ombrófila densa montana, Espírito Santo**. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n.1, p.1-20, 2016.

ZORZANELLI, J.P.F.; CARRIJO, T.T.; FIASCHI, P.; JARDIM, J.G.; SANTAMARÍA-AGUILLAR, D.; AMORIM, A.M. A first record *Freziera* (Pentaphylacaceae) from the Brazilian Atlantica forest, with the description of a new species. **Systematic Botany**, v.40, n.4, p.1075-1080, 2016.

ZORZANELLI, J.P.F.; DIAS, H.M.; SILVA, A.G.; KUNZ, S.H. Vascular plant diversity in a brazilian hotspot: floristic knowledge gaps and tools for conservation. **Brazilian Journal of Botany**, v.40, n.3, p.819-827, 2017.

Capítulo 6

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PARAÍSO, ZONA RURAL DE MUNIZ FREIRE – ES

Caio Henrique Ungarato Fiorese¹

¹ Departamento de Engenharia Ambiental, Centro Universitário São Camilo, Brasil

E-mail: caiofiorese@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi estimar as características morfométricas da sub-bacia hidrográfica do Córrego Paraíso, zona rural de Muniz Freire (ES), como forma de subsidiar melhorias na área. Os procedimentos foram realizados no programa computacional ArcGIS®. A base de dados foi adquirida no GEOBASES. Foi delimitada a sub-bacia a partir da geração do Modelo Digital de Elevação, tornando possível a obtenção da malha hidrográfica local. Foram determinados os seguintes parâmetros: coeficiente de compactidade, índice de circularidade, razão de alongação, fator de forma, densidades hidrográfica e de drenagem, extensão do percurso superficial, extensão média do escoamento, coeficiente de manutenção, relação de relevo, índice de rugosidade, altitudes e declividades (máxima, média e mínima). Os parâmetros foram estimados através do Microsoft Excel e, quando possível, foram classificados conforme a literatura. A sub-bacia possui tendência baixa a mediana a enchentes conforme os valores de coeficiente de compactidade e fator de forma e índice de circularidade. A densidade de drenagem corresponde a 2,111 km/km², indicando que a sub-bacia é muito bem drenada. O coeficiente de manutenção estimado indica que a sub-bacia necessita de uma área mínima de 473,709 m² para manter cada metro de canal de drenagem. Todavia, o índice de rugosidade, a razão de relevo e as elevadas amplitudes altimétrica (675 m) e de declividade (290,538%, com declividade média de 45,99%) indicam tendência ao escoamento superficial e aos processos erosivos, além de caracterizar o relevo como forte ondulado a montanhoso escarpado. Manejo correto das formas de uso e ocupação das terras é uma das medidas para a manutenção da qualidade ambiental da sub-bacia.

Palavras chave: Hidrologia; Meio Ambiente; Morfometria; Planejamento Territorial; Sistemas de Informações Geográficas.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE PARAÍSO STREAM WATER SUB-BASIN, RURAL AREA OF MUNIZ FREIRE – ES

Abstract: The objective of this work was to estimate the morphometric characteristics of the Paraíso Stream watershed, rural area of Muniz Freire (ES), as a way to subsidize improvements in the area. The procedures were performed in the computer program ArcGIS®. The database was acquired from GEOBASES. The sub-basin was delimited from the generation of the Digital Elevation Model, making it possible to obtain the local hydrographic network. The following parameters were determined: compactness coefficient, circularity index, elongation ratio, form factor, hydrographic and drainage densities, surface path length, mean runoff length, maintenance coefficient, relief ratio, roughness index, altitudes and slopes (maximum, average and minimum). The parameters were estimated using Microsoft Excel and, when possible, were classified according to the literature. The sub-basin has a low to medium flood tendency according to the values of compactness coefficient and form factor and circularity index. Drainage density corresponds to 2,111 km/km², indicating that the sub-basin is very well drained. The estimated maintenance coefficient indicates that the sub-basin needs a minimum area of 473,709 m² to maintain each meter of drainage channel. However, the roughness index, the relief ratio and the high altitudes (675 m) and slope (290,538%, with an average slope of 45,99%) indicate a tendency to runoff and erosive processes, besides characterizing the relief as strong wavy to rugged mountainous. Correct management of land use and occupation is one of the measures to maintain the environmental quality of the sub-basin.

Keywords: Hydrology; Environment; Morphometry; Territorial Planning; Geographic Information Systems.

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos adotando a definição de bacias hidrográficas como unidade de estudo e gestão (BIER, 2013). Assim, pode-se definir bacia hidrográfica como sendo um território geográfico delimitado pelos divisores de água e integrado pela rede de drenagem, sendo que esta é constituída por um rio principal e seus tributários. A bacia hidrográfica possibilita o desenvolvimento de análises compostas por elementos naturais e sociais (SOUSA; PAULA, 2016), sendo adotada como unidade física de reconhecimento, caracterização e avaliação na gestão dos recursos hídricos, uma vez que, além de serem áreas de captação da água, também são áreas de ocupação humana (TRAJANO et al., 2012).

No caso de sub-bacias, como a sub-bacia do Córrego Paraíso, Mosca (2003) a considera como a menor unidade do ecossistema, onde pode ser observada a relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos. Perturbações como, por exemplo, o planejamento incorreto das formas de utilização dos recursos hídricos e a retirada da vegetação nativa das áreas de preservação permanente, podem comprometer a dinâmica do funcionamento hídrico e ecológico da sub-bacia.

Sendo um país de clima tropical, no Brasil, a ocorrência de chuvas intensas sazonais é elevada. Além deste fator, os tipos de solos e condições do relevo são outras variáveis que favorecem eventos como enchentes, as quais são agravadas devido às características da drenagem (forma e densidade) de uma determinada bacia hidrográfica. E ao considerar a importância desse aspecto, a análise morfométrica tem uma importante contribuição como uma ferramenta de suporte para o planejamento territorial (CASTRO; CARVALHO, 2009).

O conhecimento das características morfométricas de microbacias hidrográficas é de grande importância para a compreensão dos processos neste meio (SANTOS et al., 2012). A caracterização morfométrica desses espaços permite a realização de diversas análises ambientais, principalmente quando o ambiente em questão sofre com alterações em parte de seus cursos d'água, pois estes desempenham papéis relevantes dentro do ecossistema (PINTO JUNIOR; ROSSETTE, 2005). As características físicas de uma bacia possuem grande papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, por exemplo, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficial (TONELLO et al., 2006).

Para auxiliar nos estudos em bacias hidrográficas, existem as chamadas geotecnologias, como o geoprocessamento. Essas ferramentas são interessantes para a minimização dos custos e tempo na execução de trabalhos (MIOTO et al., 2014). Nesse sentido, a ferramenta mais fácil de caracterização e dimensionamento de bacias hidrográficas é o Sistema de Informações Geográficas (SIG), pois permite, por exemplo, gerar dados para o gerenciamento hídrico desses locais (PERTILLE et al., 2017). O geoprocessamento altera a forma de coletar, utilizar e disseminar a informação, possibilitando o monitoramento por meios diversos sobre o espaço, em tempo real (BIER, 2013).

Considerando a relevância da temática exposta, o objetivo deste trabalho foi estudar as características morfométricas da sub-bacia do Córrego Paraíso, em Muniz Freire (ES), com vistas a subsidiar melhorias locais em termos de qualidade ambiental e conservação dos recursos hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada compreendeu a sub-bacia hidrográfica do Córrego Paraíso, que fica localizada na zona rural do município de Muniz Freire, na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. Essa microbacia abrange o distrito de Vieira Machado, que é abastecido pelas águas do Córrego Paraíso, e caracterizada pela predominância da agricultura (cafeicultura, principalmente),

da bovinocultura e da silvicultura do eucalipto. Possui sua foz no Ribeirão Santo Amaro, de grande importância para o abastecimento das atividades econômicas locais (FIORESE et al., 2019). A Figura 1 apresenta a localização da área estudada.

Figura 1. Localização da sub-bacia hidrográfica do Córrego Paraíso

Fonte: Adaptado de GEOBASES.

Os procedimentos foram executados no programa computacional ArcGis®, versão 10.2, tendo como base cartográfica digital o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES). Inicialmente, no GEOBASES, foi adquirido o banco de dados referentes às curvas de nível da área estudada. De acordo com o GEOBASES, as curvas de nível foram extraídas entre os anos de 2012 e 2015, em escala igual ou melhor a 1:25000. Em seguida, foi delimitada a sub-bacia do Córrego Paraíso a partir dos seguintes procedimentos, realizados no ArcGis®: geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), correção do MDE, obtenção da direção (flow direction) e do acumulado (flow accumulation) da rede de drenagem, extração da malha hidrográfica, demarcação do exutório da bacia, delimitação da bacia através da criação de um arquivo em formato raster e posterior conversão do mesmo para formato polígono (shapefile).

Após a delimitação da sub-bacia, foram determinadas as características morfométricas descritas na Tabela 1, sendo as mesmas características abordadas por Pertille et al. (2017) e Fiorese e Torres (2019).

Tabela 1. Descrição das características morfométricas consideradas

Parâmetro	Equação	Descrição
Coefficiente de compacidade	$Kc = \frac{0,2821 \times P}{\sqrt{A}}$	KC = coeficiente de compacidade; P = perímetro da bacia (km); A = área da bacia (km²)
Índice de circularidade	$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$	IC = índice de circularidade; P = perímetro da bacia (km); A = área da bacia (km²)

Razão de alongação	$RE = \frac{1,128 \times A^{0,5}}{L}$	RE = razão de alongação; A = área da bacia (km ²); L = comprimento do eixo da bacia (km)
Fator de forma	$Kf = \frac{A}{L^2}$	Kf = coeficiente de compacidade; A = área da bacia (km ²); L = comprimento do eixo da bacia (km)
Densidade de drenagem	$Dd = \frac{LTC}{A}$	Dd = densidade de drenagem (km/km ²); LTC = comprimento total dos cursos d'água (km); A = área da bacia (km ²)
Densidade hidrográfica	$Dh = \frac{N}{A}$	Dh = densidade hidrográfica (rios/km ²); N = número total de rios; A = área da bacia (km ²)
Extensão do percurso superficial	$EPS = \frac{1}{2 \times Dd}$	EPS = extensão do percurso superficial (km); Dd = densidade de drenagem (km/km ²)
Extensão média do escoamento	$Lm = \frac{A}{4 \times LTC}$	Lm = extensão média do escoamento superficial (km); LTC = comprimento total dos cursos d'água (km); A = área (km ²)
Coeficiente de manutenção	$Cm = \left(\frac{1}{Dd}\right) \times 1000$	Cm = coeficiente de manutenção (km ²); Dd = densidade de drenagem (km/km ²)
Relação de relevo	$Rr = \frac{Hm}{Lh}$	Rr = relação de relevo; Hm = amplitude altimétrica (m); Lh = comprimento da bacia (m)
Índice de rugosidade	$Ir = Hm \times Dd$	Ir = índice de rugosidade; Hm = amplitude altimétrica; Dd = densidade de drenagem

Fonte: Tonello et al. (2006); Villela e Mattos (1975); Schumm (1956); Santos et al. (2012); Castro e Carvalho (2009).

Para a obtenção dos parâmetros, no programa Microsoft Excel, foram estimados os valores contidos na descrição. Também foram estimadas: a declividade média, as altitudes máxima, média e mínima e as amplitudes de declividade e altimétrica. Esses dados foram obtidos a partir da plotagem dos mapas de altitude e declividade no ArcGis®, a partir do MDE gerado e pela função “slope”. Após a obtenção, os valores foram analisados e classificados, quando possível, conforme a literatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sub-bacia do Córrego Paraíso compreende uma área de 19,768 km² e perímetro equivalente a 23,364 km. Os valores de comprimento total dos cursos d'água e comprimento do eixo da bacia são iguais a, respectivamente, 41,725 km e 5,885 km. Os valores de declividade mínima e máxima foram de 0% e 290,538%, respectivamente. A Tabela 2 mostra os dados estimados na caracterização morfométrica.

Os valores de coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator de forma indicam a tendência ou não de ocorrer picos de enchentes em uma bacia hidrográfica (VILLELA; MATTOS, 1975). Segundo a classificação adotada por Villela e Mattos (1975), a microbacia do Córrego Paraíso possui tendência mediana a enchentes conforme os valores de Kc e Kf, e baixa tendência a enchentes, de acordo com o valor obtido para IC. Esse fator é atribuído ao formato irregular da sub-bacia. Com isso, a probabilidade de uma precipitação abranger toda a bacia com formato irregular é menor em comparação à de formato circular (VILLELA; MATTOS, 1975). A menor susceptibilidade a enchentes favorece a potencialidade da área para uso agrícola (SANTOS et al., 2018), o que, para a sub-bacia do Córrego Paraíso, é um fator relevante, tendo em vista a predominância da cafeicultura na maior parte de seu território e, portanto, atender às necessidades de uso antrópico na sua maior parte no que diz respeito a picos de enchentes.

Tabela 2. Resultados dos parâmetros morfométricos considerados

Parâmetro	Valor
Coeficiente de compactidade	1,482
Índice de circularidade	0,455
Razão de alongação	0,852
Fator de forma	0,571
Densidade de drenagem	2,111 km/km ²
Densidade hidrográfica	2,833 rios/km ²
Extensão do percurso superficial	0,237 km ou 237 m
Extensão média do escoamento	0,118
Coeficiente de manutenção	473,709 m ²
Relação de relevo	0,115
Índice de rugosidade	1424,925 m
Altitude máxima	1090 m
Altitude média	752 m
Altitude mínima	415 m
Amplitude altimétrica	675 m
Declividade média	45,990%
Amplitude de declividade	290,538%

A densidade de drenagem obtida, de acordo com a classificação abordada por Sousa e Rodrigues (2012), é caracterizada como alta (de 2,0 a 3,50), sendo, portanto, muito bem drenada. Bacias hidrográficas com densidade de drenagem elevada refletem uma bacia altamente dissecada, respondendo rapidamente a um determinado volume de chuvas, ao passo que densidade de drenagem baixa indica uma bacia de drenagem pobre e com respostas lentas (BORSATO; MARTONI, 2004). A densidade hidrográfica indica a capacidade das sub-bacias gerarem novos cursos d'água (SANTOS et al., 2018). De acordo com a classificação de Sousa e Rodrigues (2012), o valor da densidade hidrográfica estimada para a sub-bacia do Córrego Paraíso é classificado como baixo ($D_h < 3$), todavia, superior ao de outras bacias, como a bacia do Rio Marivan (0,95 canais/km², segundo Teodoro et al. (2007)). Portanto, a sub-bacia do Córrego Paraíso possui baixa capacidade de gerar novos cursos hídricos, sendo um fator ruim para o abastecimento nas atividades humanas e na manutenção da biota aquática.

A extensão do percurso superficial e a extensão média do escoamento superficial significam a distância que o fluxo d'água percorre até chegar o curso d'água mais próximo. Quanto menor a declividade, maior são os valores de EPS e Lm (SOUSA; RODRIGUES, 2012). Ambos os parâmetros apresentaram valores considerados baixos, sendo atribuído à elevada declividade e irregularidades do relevo na maior parte da sub-bacia. Assim, segundo Fiorese e Torres (2019), tem-se capacidade de abastecer rapidamente os cursos hídricos locais. O coeficiente de manutenção obtido apresentando valor superior e relativamente pior em comparação a outras sub-bacias, como a sub-bacia do Córrego Amorim (355,872 m², de acordo com Fiorese e Torres (2019)). O coeficiente de manutenção representa uma medida de textura do solo, servindo para estimar a área mínima necessária para a manutenção de 1 metro de canal de escoamento permanente (TRAJANO et al., 2012). Portanto, são necessários, para a sub-bacia do Córrego Paraíso, uma área mínima de 473,709 m² para manter cada metro de canal de drenagem, apresentando, portanto, valor razoável.

A razão de relevo obtida apresentou valor médio, ou seja, compreendido de 0,11 a 0,30, segundo a classificação de Rossi e Pfeifer (1999). O índice de rugosidade relaciona a disponibilidade do escoamento hídrico superficial com seu potencial erosivo. Quanto maior for esse índice, maior será o risco de degradação da bacia quando as vertentes são íngremes e longas (TRAJANO et al., 2012). O índice de rugosidade da sub-bacia do Córrego Paraíso indica que a rugosidade é muito forte (> 950 m, conforme a classificação de Sousa e Rodrigues (2012)), ou seja, o relevo é caracterizado como forte ondulado a montanhoso escarpado, com declividade média superior a 20%. Ainda segundo Sousa e Rodrigues (2012), valores elevados para o índice de rugosidade favorecem a maior ocorrência do escoamento superficial, contribuindo naturalmente para a ocorrência de processos erosivos, desconsiderando uso de solo e práticas conservacionistas.

Segundo a classificação abordada pela Embrapa (2013), a declividade média da sub-bacia do Córrego Paraíso indica que o relevo é classificado como montanhoso (declividade de 45% a 75%). No entanto, a elevada amplitude da declividade e altimétrica também caracterizam a sub-bacia com trechos de relevo compreendidos de plano a escarpado (EMBRAPA, 2013), indicando que o relevo da sub-bacia do Córrego Paraíso possui várias irregularidades e, caso as atividades antrópicas não sejam bem manejadas, podem influenciar no aumento da perda de solo e provocar danos à agropecuária.

4. CONCLUSÃO

A sub-bacia do Córrego Paraíso apresenta baixa tendência a enchentes, sendo fundamental para a execução de práticas agrícolas e à manutenção da qualidade ambiental, além de ser muito bem drenada. A densidade hidrográfica encontrada foi baixa, indicando baixa capacidade de formar novos cursos hídricos. Porém, a elevada amplitude altimétrica e de declividade e o elevado índice de rugosidade indicam tendência natural a processos erosivos, sendo fundamental, por exemplo, a atuação do poder público e moradores da sub-bacia por meio de práticas de manejo e planejamento correto das formas de uso e ocupação das terras locais.

REFERÊNCIAS

- BIER, F. B. **Caracterização morfométrica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC**. 2013. 115 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudos da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no município de Maringá, PR. **Revista Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, v.26, n.2, p.273-285, 2004.
- CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Turvo – GO através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, v. 5, n. 2, p. 1-7, 2009.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa solos, 2013. 353 p.
- FIORESE, C. H. U.; ANDRADE, D.; AGRIZZI, E. de M.; TORRES, H. Estudo da cobertura vegetal nativa das áreas de preservação permanente dos cursos hídricos da microbacia do Córrego Paraíso, em Muniz Freire/ES. **Tree Dimensional**, v. 4, n. 7, p. 46-55, 2019.
- FIORESE, C. H. U.; TORRES, H. Morfometria da sub-bacia hidrográfica do Córrego Amorim, em Muniz Freire-ES, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 157-172, 2019.
- GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 2 jul. 2019.
- MIOTO, C. L.; RIBEIRO, V. de O.; SOUZA, D. M. de Q.; PEREIRA, T. V.; ANACHE, J. A. A. et al. Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.
- MOSCA, A. A. de O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 88 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PERTILLE, C. T.; VIEIRA, F. S.; CORRÊA, B. J. S.; SOUZA, C. F. de.; GERBER, D. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tibagi – Paraná. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, v. 11, n. 2, p. 60-65, 2017.
- PINTO JUNIOR, O.; ROSSETE, A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira, MT-Brasil. **Geoambiente On-line**, n. 4, p. 1-16, 2005.

- ROSSI, M.; PFEIFER, R. M. Remoção de material erodido dos solos de pequenas bacias hidrográficas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP). **Bragantia**, v. 58, n. 1, p. 141-156, 1999.
- SANTOS, D. B. dos.; VIDOTTO, M. L.; BERTINATTO, R.; MARCON, G. R. de S.; FRIGO, E. P. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio São José, Cascavel, PR. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 5, n. 2, p. 7-12, mai./ago. 2012.
- SANTOS, G. O.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas inseridas no município de Rio Verde, Goiás, como ferramenta ao planejamento urbano e agrícola. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 22, p. 1-13, 2018.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth, Amboy, New Jersey. **The Geological Society of America**, Boulder, v. 67, n. 5, p. 597-646, 1956.
- SOUSA, F. R. C.; PAULA, D. P. de. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará – Brasil)**. Revista de Geociências do Nordeste, Natal, v. 2, p. 555-564, 2016.
- SOUSA, F. A. de.; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n. 20, p. 137-157, 2007.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L. de.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.
- TRAJANO, S. R. R. da S. et al. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica – subsídio à gestão territorial: estudo de caso no Alto e Médio Mamanguape**. 1.ed. Campinas: Embrapa Gestão Territorial, 2012. 33 p.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

Capítulo 7

USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO VARGEM GRANDE, EM MUNIZ FREIRE – ES

Caio Henrique Ungarato Fiorese¹

¹ Departamento de Engenharia Ambiental, Centro Universitário São Camilo, Brasil
E-mail: caiofiorese@hotmail.com

Resumo: Objetivou-se com este trabalho avaliar o uso e a ocupação das terras da sub-bacia do Ribeirão Vargem Grande, no município de Muniz Freire (ES), como forma de subsidiar melhorias na área. Os procedimentos foram executados no programa computacional ArcGIS®. No sítio eletrônico do Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), foram adquiridos arquivos de curvas de nível da área estudada, auxiliando na delimitação da sub-bacia através da geração do Modelo Digital de Elevação. Para auxiliar na identificação do Ribeirão Vargem Grande e de seu exutório, foi adquirido, junto à Agência Nacional de Águas (ANA), um arquivo contendo as informações dos cursos hídricos locais. Foram adquiridos também no site do GEOBASES dois arquivos de uso e ocupação das terras do Estado do Espírito Santo, referentes aos mapeamentos dos anos 2007-2008 e 2012-2015, delimitando-os para a sub-bacia. As classes foram mapeadas, quantificadas e interpretadas. Há maior predominância de pastagem (cerca de 36%), embora tenha apresentado decréscimo, seguido da cafeicultura. A vegetação nativa, embora disposta em baixos percentuais e fragmentada, apresentou crescimento, sendo um fator positivo na qualidade ambiental da sub-bacia. Todavia, os elevados percentuais de macega (aproximadamente 6,5%) indicam problemas quanto ao planejamento do uso e ocupação das terras locais, além do crescimento da silvicultura do eucalipto, que indica a necessidade de maior sustentabilidade na atividade. A área de estudo foi atingida pelo processo histórico de crescimento da agropecuária, tendo problemas quanto ao manejo e planejamento correto do uso das terras. Ações como a atuação do poder público através de ações educativas e de ampliação da cobertura vegetal são importantes.

Palavras chave: Análise Ambiental; Cobertura do Solo; Geotecnologias; Impactos Ambientais; Medidas Mitigadoras.

LAND USE AND OCCUPATION OF THE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF THE RIBEIRÃO VARGEM GRANDE, IN MUNIZ FREIRE – ES

Abstract: The objective of this work was to evaluate the use and occupation of the lands of the Ribeirão Vargem Grande sub-basin, in the municipality of Muniz Freire (ES), as a way to subsidize improvements in the area. The procedures were performed in the computer program ArcGIS®. In the website of the Integrated System of Geospatial Bases of the State of Espírito Santo (GEOBASES), were acquired archives of contours of the studied area, helping in the delimitation of the sub-basin through the generation of the Digital Elevation Model. To assist in the identification of Ribeirão Vargem Grande and its outlet, a file containing the information of the local watercourses was acquired from the National Water Agency (NWA). Also acquired from the GEOBASES website were two archives of land use and occupation of the State of Espírito Santo, referring to the mappings of the years 2007-2008 and 2012-2015, delimiting them for the sub-basin. The classes were mapped, quantified and interpreted. Pasture is more prevalent (around 36%), although it has decreased, followed by coffee growing. Native vegetation, although arranged in low percentages and fragmented, showed growth, being a positive factor in the environmental quality of the sub-basin. However, the high percentages of macega (approximately 6.5%) indicate problems in planning the use and occupation of local lands, in addition to the growth of eucalyptus forestry, which indicates the need for greater sustainability in the activity. The study area was affected by the historical process of agricultural growth, having problems regarding the management and correct planning of land use. Actions such as the action of the public power through educational actions and expansion of vegetation cover are extremely important.

Keywords: Environmental Analysis; Soil Cover; Geotechnology; Environmental Impacts; Mitigation Measures.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento populacional, a demanda por novas áreas aumenta, tanto para a implantação de moradias quanto para a execução de variadas atividades, como a agropecuária. Isso acarreta, em diversas situações, a ocupação desordenada de áreas e o uso irracional dos recursos naturais (NASCIMENTO; FERNANDES, 2017).

Uma bacia hidrográfica pode ser considerada a área de captação natural da água pluvial que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, o exutório. Compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem constituída por cursos d'água que confluem até resultar neste ponto de saída. Sobre a bacia hidrográfica, são executadas as atividades humanas, incluindo todas as áreas agrícolas, urbanas e industriais (TUCCI, 1997).

O processo de ocupação humana praticado pelas sociedades modernas, a partir do desmatamento de grandes áreas, tem acarretado sérios problemas ambientais, como, por exemplo, impermeabilização dos solos, na poluição dos lençóis freáticos e das águas superficiais e aumento de rejeitos sólidos, influenciando, inclusive, na saúde humana (FAUSTINO; RAMOS; SILVA, 2014). A nível de bacia hidrográfica, as modificações na cobertura vegetal resultantes do manejo incorreto das terras podem afetar drasticamente seus processos hidrológicos e consequências danosas à qualidade dos serviços ecossistêmicos (FIORESE; LEITE, 2018).

Diante desse cenário, o uso do solo tem sido alvo de vários estudos em decorrência do crescimento econômico, promovendo cada vez mais uma busca intensa por áreas que possam ser empregadas em atividades agrícolas, pecuárias e industriais. Esses estudos são capazes de servir como instrumento ao planejamento territorial, minimizando problemas como, por exemplo, a perda de solos e danos à qualidade e vazão dos cursos hídricos (CAVALCANTI, 2014).

As geotecnologias, como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, são importantes no estudo e caracterização de bacias hidrográficas, principalmente quando abrangem áreas urbanas. Elas podem ser adotadas como unidades de planejamento, permitindo a execução de estratégias conjuntas entre os setores públicos e beneficiando a população e o meio ambiente em que vivem (CHUERUBIM; PAVANIN, 2013). O uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) possibilita a rápida coleta e análise da informação, sendo uma tecnologia integradora, por poder associar fatores naturais com os sociais (SAMPAIO; RIBEIRO; LIMA, 2015).

A escolha da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Vargem Grande para este estudo ocorreu devido a essa área abranger a zona urbana do município de Muniz Freire e por ser de extrema importância para o abastecimento hídrico local. Dessa forma e, com base nas geotecnologias, objetivou-se avaliar o uso e a ocupação das terras da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Vargem Grande (BHRVG), no município de Muniz Freire (ES) como forma de subsidiar ações para melhorias em termos de planejamento territorial e conservação dos solos na área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo contempla a sub-bacia do Ribeirão Vargem Grande, que fica localizada no município de Muniz Freire, na região Sul do Estado do Espírito Santo. Esta bacia abrange a cidade local e áreas rurais, sendo que sua foz fica localizada no Rio Braço Norte Esquerdo. Possui clima classificado como Aw, conforme a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e precipitações anuais que variam de 750 mm a 1800 mm (VENTURA, 1964). A Figura 1 mostra a localização da sub-bacia.

Figura 1. Localização da BHRVG

Fonte: Adaptado de GEOBASES.

Foram utilizadas como bases cartográficas digitais o Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e a Agência Nacional de Águas (ANA), considerando o programa computacional ArcGis® 10.2 para manipulação das informações. Inicialmente, junto à ANA, foram adquiridos os dados referentes aos cursos hídricos da região estudada, facilitando, posteriormente, na identificação do Ribeirão Vargem Grande.

Na delimitação da BHRVG, inicialmente, no GEOBASES, foi adquirido um banco de dados referentes às curvas de nível da região. Em seguida, foi obtido o Modelo Digital de Elevação (MDE) para, posteriormente, executar os seguintes procedimentos: geração do acumulado e da direção do fluxo do escoamento superficial, obtenção da rede de drenagem, demarcação do exutório da bacia e, em seguida, da BHRVG. O arquivo foi gerado em formato raster, sendo necessária a conversão para formato shapefile (shp) para a sequência dos procedimentos.

Após a delimitação foram adquiridos dois arquivos de uso e ocupação das terras para o Estado do Espírito Santo, provenientes do GEOBASES, referentes a dois mapeamentos realizados, que compreendeu os anos de 2007-2008 e 2012-2015, em escala igual ou melhor a 1:25000. Posteriormente, com auxílio das ferramentas de recorte (*clip*), foi delimitando o uso de solo somente para a BHRVG. As classes foram identificadas através da tabela de atributos dos dois arquivos oriundos da edição e quantificadas, em km², pelo recurso *summarize*, e em porcentagem (%), por meio da conversão dos dados da tabela de atributos para formato Excel. As classes de uso e ocupação das terras foram mapeadas, permitindo a realização das análises espaciais fundamentadas na literatura consultada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BHRVG possui área de 34,855 km², com 14 classes identificadas de uso e ocupação das suas terras. A pastagem, a cafeicultura e a vegetação nativa foram as classes mais representativas, destacando-se o crescimento da vegetação nativa, conforme mostram os dados de área para cada classe na Tabela 1.

Tabela 1. Quantificação da área para cada classe de uso e ocupação das terras da BHRVG para os mapeamentos 2007-2008 e 2012-2015

Classes	Mapeamento 2007-2008		Mapeamento 2012-2015	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Afloramento rochoso	3,567	10,235	3,537	10,15
Brejo	0,051	0,148	0,653	0,16
Cultivo agrícola - banana	0,000	0,000	0,056	0,06
Cultivo agrícola - café	4,890	14,032	4,194	12,03
Outros cultivos permanentes	0,154	0,442	0,050	0,15
Outros cultivos temporários	0,364	1,044	0,304	0,87
Macega	2,245	6,442	2,278	6,54
Massa d'água	0,010	0,030	0,021	0,06
Mata nativa	5,918	16,980	6,279	18,02
Mata nativa em estágio inicial de regeneração	2,595	7,446	2,601	7,46
Outras classes	0,857	2,459	1,166	3,35
Pastagem	13,010	37,327	12,528	35,94
Eucalipto	0,293	0,841	1,087	3,12
Solo exposto	0,224	0,642	0,076	0,22
Área edificada	0,673	1,932	0,653	1,87

A pastagem foi a classe mais abrangente na BHRVG. Situação essa semelhante a várias bacias hidrográficas como, por exemplo, a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte (FIORESE; LEITE, 2018). Todavia, os mesmos autores estimaram percentuais em torno de 50% de pastagem, sendo, portanto, maior do que os números determinados para a BHRVG. As áreas de pastagem, quando devidamente manejadas, promovem boa proteção do solo. Porém, quando isso não ocorre, o pisoteio excessivo do gado e a alta taxa de lotação podem torná-la escassa e, portanto, gerar sérios problemas, tornando a atividade econômica insustentável (ROCHA JUNIOR; SILVA; GUIMARÃES, 2013). Para a BHRVG, a necessidade de manejo adequado das áreas de pastagem é de extrema importância, dada a representatividade dessa classe, a fim de favorecer a melhoria da qualidade do solo e da bacia como um todo. Rocha Junior, Silva e Guimarães (2013) propõem como exemplo a implantação de sistemas silvipastoris e cordões de vegetação permanente.

Juntamente com a pastagem, a cafeicultura também foi outra classe abrangente, embora em menor área, tendo também apresentado redução de suas áreas. A representatividade da cafeicultura está atrelada ao fato de ser uma cultura tradicional, sendo que o Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2016). No entanto, também precisa ser manejada corretamente, para não provocar efeitos drásticos ao solo e aos recursos hídricos. Diante dessa situação, a execução de práticas sustentáveis por parte dos cafeicultores pode contribuir para o equilíbrio ecológico e, ainda, para o aumento da produtividade da própria lavoura e a lucratividade dos agricultores, conforme destacam Rezende, Coelho e Campos (2016).

A vegetação nativa, embora disposta em baixos percentuais em comparação com outras bacias, como a sub-bacia do Ribeirão Estrela do Norte (aproximadamente 20%), conforme Fiorese e Leite (2019), apresentou crescimento satisfatório, que pode estar atrelado ao decréscimo das áreas de cafeicultura e pastagem. A cobertura vegetal é um fator importante para a preservação

do solo, da água e da fauna (Nascimento; Fernandes, 2017), sendo primordial sua manutenção e ampliação, sobretudo em bacias atingidas por grande intervenção da agropecuária, como a BHRVG. A vegetação em estágio inicial de regeneração, todavia, poderia ter apresentado resultado mais satisfatório, a partir, por exemplo, de programas de reflorestamento ambiental.

Outra classe que apresentou crescimento foi a do eucalipto, tendo praticamente triplicado suas áreas no período analisado. Para a implantação dos cultivos de eucalipto, há necessidade de estudos ambientais aprofundados a fim de permitir um planejamento adequado do uso e ocupação das terras de uma bacia hidrográfica (Fiorese; Leite, 2019), dado os problemas ambientais oriundos do manejo incorreto do eucalipto. A macega foi uma classe que apresentou números expressivos, sendo superiores a de trabalhos semelhantes, como o de Fiorese e Leite (2019), que estimaram em torno de 3% para a sub-bacia do Ribeirão Estrela do Norte. Isso evidencia problemas quanto ao aproveitamento das terras locais, uma vez que as áreas de macega não trazem devida proteção e qualidade ambiental como a vegetação nativa, principalmente.

As áreas edificadas, representadas pela área urbana de Muniz Freire, não são muito representativas na bacia, mostrando que a mesma não passou por forte processo de crescimento urbano. O solo exposto também apresentou baixos percentuais e grande queda ao longo desse período, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental da BHRVG. As Figuras 2 e 3 mostram a distribuição em mapas temáticos do uso e cobertura das terras da sub-bacia do Ribeirão Vargem Grande para, respectivamente, os mapeamentos dos anos de 2007-2008 e 2012-2015.

Figura 2. Mapeamento do uso das terras da BHRVG para o período de 2007-2008

Figura 3. Mapeamento do uso das terras da BHRVG para o período de 2012-2015

As áreas de vegetação nativa estiveram distribuídas, em maior parte do território, sob forma de fragmentos isolados e mais aglomerada na porção norte da bacia, o que, quanto ao aspecto ambiental, provoca alguns problemas. Fiorese e Leite (2019) destacam os danos provocados à biodiversidade animal, prejudicando, por exemplo, o fluxo gênico das espécies. Varjabedian (2010) enfatiza a conexão desses fragmentos a partir da restauração ou recuperação de áreas de preservação permanente, atuando como corredor ecológico ou núcleos de dispersão de sementes.

Todavia, há áreas de macega distribuídas próximas à vegetação nativa e de lavouras de café, o que mostra um manejo incorreto das terras locais. Esses espaços poderiam ser mais bem aproveitados por meio da restauração florestal e recuperação com a utilização de Sistemas Agroflorestais, por exemplo, o que traria melhores condições ambientais e econômicas para a região, segundo Varjabedian (2010). A área edificada esteve aglomerada próxima à região central da sub-bacia, representada pelo município de Muniz Freire. Porém, a presença de formações rochosas por boa parte da extensão da BHRVG é significativa, ao mesmo tempo em que não foram identificadas áreas de extração de rochas.

A análise dos dois mapas deduz que não houve mudanças significativas ao longo do período, mas indicam grande ação antrópica, ao passo que, embora em ritmo lento e com a grande presença de áreas de macega, houve melhorias quanto ao aspecto ambiental da BHRVG por meio da maior presença da vegetação nativa, principalmente.

4. CONCLUSÃO

A BHRVG foi atingida pelo processo histórico de crescimento da agropecuária, tendo problemas quanto ao manejo e planejamento correto do uso das terras.

O crescimento dos cultivos de eucalipto é uma forte evidência que necessita de atenção para contribuir para o desenvolvimento econômico respeitando as questões ambientais.

Todavia, a ampliação da cobertura vegetal nativa e a diminuição das áreas de solo exposto indicam que houve melhorias na qualidade ambiental, embora as mesmas estejam mais dispostas sob fragmentos isolados e próximas às áreas de macega.

A atuação do poder público por meio de ações educativas e de ampliação da cobertura vegetal incentivando a sustentabilidade das atividades agrícolas e pecuárias é uma das ações necessárias que poderiam ser adotadas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Encontre mapas interativos, conjuntos de dados geográficos, imagens de satélite e outros serviços**. Disponível em:

<<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home>>. Acesso em: 24 mai. 2019.

CAVALCANTI, A. K. G. **Investigação sobre o uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Gramame considerando os cenários atual e potencial**. 2014. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

CHUERUBIM, M. L.; PAVANIN, E. V. Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego Barbosa no ano de 2011. **GEOUSP – espaço e tempo**, São Paulo, n. 33, p. 229-238, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura de café: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos-safra 2008 a 2017**. Brasília: Conab, 2016. 54 p.

FAUSTINO, A. B.; RAMOS, F. F.; SILVA, S. M. P. da. Dinâmica temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Sociedade e Território**, Natal, v. 26, n. 2, p. 18-30, jul./dez. 2014.

FIORESE, C. H. U.; LEITE, V. R. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no município de Castelo, estado do Espírito Santo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 5, n. 10, p. 52-65, 2018.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. Disponível em:

<<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 27 mai. 2019.

NASCIMENTO, T. V. do.; FERNANDES, L. L. Mapeamento do uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 170-178, jan./abr. 2017.

REZENDE, E. N.; COELHO, H. A.; CAMPOS, P. H. da S. Responsabilidade civil-ambiental pela exploração da propriedade privada decorrente da cafeicultura no Brasil. **Revista da Faculdade de Direito da UFG**, v. 40, n. 2, p. 198-216, jul./dez. 2016.

ROCHA JUNIOR, P. R. da.; SILVA, V. M.; GUIMARÃES, G. P. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 952-968, 2013.

SAMPAIO, B. D. S.; RIBEIRO, E. S.; LIMA, R. de S. Uma análise espacial do uso e ocupação do solo na bacia do Córrego da Água Sumida, Pontal do Paranapanema – SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 5, p. 178-191, 2015.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997.

VARJABEDIAN, R. Lei da mata atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 147-160, 2010.

VENTURA, A. Problemas técnicos da silvicultura paulista. **Silvic**, São Paulo, v. 3,

Capítulo 8

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE UMA COMUNIDADE ARBÓREA NA FLORESTA NACIONAL DO AMAPÁ

*Michelle Vasconcelos Cordeiro¹, Adriano Castro de Brito², Brhenda Santos Lozado³,
Rayane da Mota Rios⁴, Robson Borges de Lima⁵*

¹Engenheira Florestal, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

²Departamento de Ecologia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Uesb), Brasil

³Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Uesb), Brasil

⁴Departamento de Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá (Unifap), Brasil

⁵Departamento de Mensuração Florestal, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

Autor correspondente: michellevasconceloscordeiro@yahoo.com.br

Resumo: As análises florísticas são de suma importância para o conhecimento do comportamento das variadas espécies presentes nas comunidades arbóreas, e devido a extensão da Floresta Amazônica e sua grande riqueza biológica é válido estudos que visem o comportamento das espécies presentes nesse ecossistema. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar a composição florística da vegetação na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. Foi realizado o inventário 100% em uma unidade amostral distribuída de forma aleatória com tamanho de 100 m x 100 m (10.000 m²), dividida em 10 subparcelas contíguas de 20 m x 50 m. As identificações foram de acordo com o sistema de classificação adotado pelo *Angiosperm Phylogeny Group*. Neste estudo, a composição florística foi analisada por meio da comparação da distribuição dos espécimes, os quais foram agrupados em famílias botânicas, gêneros e espécies. O trecho da Floresta Nacional do Amapá (Flona/AP) estudada, apresentou uma composição florística considerada alta em termos de famílias, gêneros e espécies. Além disso, o índice de Shannon-Wiener foi classificado como sendo alto quando comparado com outros estudos realizados para a Amazônia, indicando haver alta diversidade na área. As famílias Fabaceae, Sapotaceae e Lecythidaceae foram as que apresentaram maior riqueza específica. Essas informações a respeito da florística, são fundamentais de como conservar e manejar as espécies locais.

Palavras chave: Flona; inventário; índice de Shannon; Amazônia.

FLORISTIC COMPOSITION OF AN ARBORIAN COMMUNITY IN THE NATIONAL FOREST OF AMAPÁ

Abstract: Floristic analyzes are of great importance for understanding the behavior of the various species present in tree communities. Due to the extension of the Amazon rainforest and its great biological richness, studies aimed at the behavior of species present in this ecosystem are valid. Therefore, the present work aimed to evaluate the floristic composition of vegetation in Amapá State Forest, Brazil. A 100% inventory was carried out in a randomly distributed sample unit with a size of 100 m x 100 m (10,000 m²), divided into 10 contiguous 20 m x 50 m subplots. The identifications were in accordance with the classification system adopted by Angiosperm Phylogeny Group. In this study, the floristic composition was analyzed by comparing the distribution of specimens, which were grouped into botanical families, genera and species. The Amapá National Forest (Flona / AP) studied presented a floristic composition considered high in terms of families, genera and species. In addition, the Shannon-Wiener index was classified as high when compared to other studies conducted for the Amazon, indicating high diversity in the area. Fabaceae, Sapotaceae and Lecythidaceae families presented the highest specific richness. This information about floristics is fundamental to how to conserve and manage local species.

Keywords: Flona; inventory; Shannon index; Amazon.

1. INTRODUÇÃO

Em virtude da exploração cada vez mais crescente nas Florestas Tropicais, a atividade de manejo florestal está inserindo técnicas que permitem a utilização de recursos florestais madeireiros e não-madeireiros, buscando a diminuição do impacto causado (FRANCEZ et al., 2007).

Por sua vez as análises florísticas são de suma importância para o conhecimento do comportamento das variadas espécies presentes nas comunidades arbóreas (MARANGON et al., 2013). Perfazendo de informações como o grau de sucessão das espécies, dando subsídios para ações ligadas a conservação (BOTREL et al., 2002), e orientação do manejo florestal sustentável. Juntamente com outros parâmetros fitossociológicos é capaz de descrever de maneira hierárquica a importância de determinadas espécies na estrutura dessas comunidades

Chaves (2013) descreve que a fitossociologia é base para descrever as formações vegetais de forma quantitativa e qualitativa. E dentro desta vertente os estudos de natureza florística são fundamentais para o planejamento das ações de gestão ambiental, manejo florestal e recuperação de áreas degradadas (PEREIRA et al., 2011; SHILLING et al., 2012).

Portanto, devido a extensão da Floresta Amazônica e sua grande riqueza biológica é válido estudos que visem o comportamento das espécies presentes nesse ecossistema. Principalmente pela ameaça que vem sofrendo por meio de ações antrópicas, como queimadas, degradação de áreas para a implementação de pastagens, extração de madeira de forma ilegal. E por meio de pesquisas científicas é capaz de obter melhor entendimento biológico, sendo primordial em decisões sobre o uso e exploração de recursos naturais, atrelado a preservação destas (GALUPPO & CARVALHO, 2001).

Diante do exposto, o presente trabalho objetivou avaliar a composição florística da vegetação na Floresta Estadual do Amapá, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), localizada no Norte do Brasil, compreende uma área estimada em 2.369.400 há e abrange os municípios de Mazagão, Porto Grande, Pedra Branca do Amapari, Serra do Navio, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Pracuúba, Amapá, Calçoene e Oiapoque. Está dividida em quatro módulos florestais, definidos e priorizados em função das condições de infraestrutura e vias de acessos existentes nesta região, sendo eles: I, II, III e IV, de forma que correspondem com 13,10; 14,45; 31,25 e 41,2%, da área total da FLOTA/AP, respectivamente (PAOF, 2010).

O clima da região é quente-úmido, do tipo Af, ocorrendo chuvas em todas as estações do ano, de acordo com a classificação de Köppen. A temperatura média para todo o estado é de 27°C, dominado por um regime de altas temperaturas, onde as médias das máximas e mínimas atingem, respectivamente, 32 e 22 °C. Já a precipitação média anual na região é de 2100 mm, os valores da umidade média mensal relativa do ar máxima (87%) e mínima (78%) coincidem, respectivamente, com a estação chuvosa e o período seco de verão (INMET, 2010).

Foi realizado o inventário 100% em uma unidade amostral distribuída de forma aleatória com tamanho de 100 m x 100 m (10.000 m²), dividida em 10 subparcelas contíguas de 20 m x 50 m. Posteriormente foram amostrados, identificados e etiquetados todos os indivíduos arbóreos, sendo mensurados os diâmetros a 1,30 do solo (DAP) > 10 cm.

Todo o material botânico coletado (folhas, flores e frutos) de todas as árvores incluídas no inventário foram levadas para posterior identificação e tombamento conforme técnico usuais em taxonomia (FIDALGO; BONONI, 1984). As identificações foram de acordo com o sistema de classificação adotado pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG IV, 2016).

Neste estudo, a composição florística foi analisada por meio da comparação da distribuição dos espécimes, os quais foram agrupados em famílias botânicas, gêneros e espécies.

Uma análise da composição florística que é básica, porém muito usual, é a interpretação da listagem de espécies. As análises da florística podem incluir estimativas de índices de similaridade de espécies, de diversidade de espécies, de agregação de espécies e de associação de espécies (SOUZA; SOARES, 2013). Para as análises de representatividade quanto ao índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equabilidade de Pielou (J'), número de espécies e família, foi utilizado o software “FITOPAC 2.1” (Shepherd, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram inventariados 2.7060,00 indivíduos distribuídos em 57 famílias botânicas e 260 espécies. As famílias que apresentaram maior riqueza de espécies foram: Fabaceae (20% spp.), Sapotaceae (8,08%), Lecythidaceae (4,62%), Chrysobalanaceae (3,85%), Lauraceae (3,85%), Meliaceae (3,46%), Moraceae (3,46%), Malvaceae (3,46%), Vochysiaceae (3,08%), Apocynaceae (3,08%), dentre outras (FIGURA 1).

Figura 1. Distribuição das famílias em porcentagem de espécies em um trecho da Floresta Nacional do Amapá, FLONA/AP

A composição florística das famílias encontradas neste estudo confere com outros levantamentos já realizados na Amazônia (GUIMARÃES; CARIM, 2008; CONDÉ; TONINI, 2013; PEREIRA, et al., 2011; CARIM et al., 2013).

Conforme preconiza Silva et al. (2014), a predominância dessas famílias está intimamente ligada ao número de indivíduos e a riqueza de espécies que pertencem a esses grupos, sendo responsáveis pelas características fisionômicas das florestas.

Em levantamentos florísticos realizados no estado do Amapá, a família Fabaceae tem sido uma das famílias que mais se destaca como a de maior número de espécies, corroborando com dados obtidos por Pereira et al. (2007); Barbosa (2013) e Santos et al. (2016).

As espécies que se destacaram quanto ao número de indivíduos na área foram: *Eschweilera coriacea* (DC.) S.A.Mori, *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk., *Inga auristellae* Harms, *Protium tenuifolium* (Engl.) Engl., *Protium decandrum* (Aubl.) Marchand, *Guarea pubescens* subsp. *pubiflora* (A. Juss.) T.D. Penn., *Licania canescens* Benoist, *Minquartia guianensis* Aubl. e *Iryanthera paraensis* Huber (FIGURA 2).

Figura 2. Número de indivíduos por espécie em um trecho da Floresta Nacional do Amapá, Flona/AP

Batista et al. (2015), analisando a estrutura de uma floresta no estado amapá, também encontraram essas e outras espécies em seu levantamento. Resultados similares foram encontrados em trabalhos realizados para região Amazônica (PEREIRA et al., 2007; FRANCEZ et al., 2007; APARÍCIO, 2013; CONDÉ; TONINI, 2013; SILVA et al., 2014).

Em relação ao índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') calculado para a área I foi de 4,63 nats.ind⁻¹ sendo a equabilidade (J') de 0,83. Esse resultado para diversidade foi superior ao encontrado por Menezes (2011), ao realizar um estudo em um estrato arbóreo no estado do Pará que encontrou um índice de 3,34 nats.ind⁻¹ e por Condé e Tonini (2013), em uma Floresta Ombrófila Densa no estado de Roraima, que encontram um índice de diversidade de 3,27 nats.ind⁻¹.

Francez et al. (2007), ao avaliar mudanças ocorridas na florística em uma área antes e após exploração no Pará, encontraram os valores de 4,29 nats.ind⁻¹ e 4,27 nats.ind⁻¹ respectivamente, o que também foi inferior ao do presente estudo.

4. CONCLUSÃO

O trecho da Floresta Nacional do Amapá (Flona/AP) estudada, apresentou uma composição florística considerada alta em termos de famílias, gêneros e espécies.

Além disso, o índice de Shannon-Wiener foi classificado como alto quando comparado com outros estudos realizados para a Amazônia, indicando alta diversidade na área.

As famílias Fabaceae, Sapotaceae e Lecythydaceae foram as que apresentaram maior riqueza específica.

Essas informações a respeito da florística, são fundamentais de como conservar e manejar as espécies locais.

REFERÊNCIAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG IV). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. The Linnean Society of London, **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1–20, 2016.
- APARICÍO, P. S. **Subsídios para o Manejo Sustentável na Floresta Estadual do Amapá: Estrutura e dinâmica**. 2013. 138f. Tese (Doutorado em Biodiversidade Tropical), Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO), Macapá-AP.
- BARBOSA, J. R. **Potencial de estoque de cipó-titica na região do Munguba, Porto Grande/AP**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade do Estado do Amapá, Engenharia Florestal /Jackson Rodrigo de Lima Barbosa. 86 f. - Macapá, 2012.
- BATISTA, A. P. B.; APARICÍO, W. C. S.; APARÍCIO, P. S.; SANTOS, V. S.; LIMA, R. B.; MELLO, J. M. Caracterização estrutural em uma floresta de terra firme no estado do Amapá, Brasil. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 35, n. 81, p. 21-33, jan./mar. 2015.
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista brasileira de botânica**, v. 25, n. 2, p. 195-213, 2002.
- CARIM, M. J. V.; GUILLAUMET, J. L. B.; GUIMARÃES, J. R. S.; TOSTES, C. L. Composição e Estrutura de Floresta Ombrófila Densa do extremo Norte do Estado do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 2, p. 1-10, 2013.
- CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O., FERNANDES, A. A.; MARACAJÁ, P. B. **A importância dos levantamentos florístico e fitossociológicos para a conservação e preservação das florestas**. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2013.
- CONDÉ, T. M.; TONINI, H. Fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Densa na Amazônia Setentrional, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**. VOL. 43 (3) 2013: 247 – 260. 2013.
- FIDALGO, O.; BONONI, V. L. R. **Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, 62 p. (Manual, n.4).1984.
- FRANCEZ, L. M. B.; CARVALHO, J. O. P.; JARDIM, F. C. S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de Terra Firme na região de Paragominas, PA. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 2, p. 219-228. 2007.
- GALUPPO, S. C.; CARVALHO, J. O. P. Ecologia, manejo e utilização da *Virola surinamensis* Rol. (warb.). Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 38 p., (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 74), 2001.

GUIMARÃES, J. R. G.; CARIM, M. J. V. Análise fitossociológica e florística em três hectares de Floresta Tropical Ombrófila Densa na Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Rio Iratapuru. **Revista Pesquisa & Iniciação Científica**. Amapá, vol. 1, p. 32-34, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA-NHMET. **Climas**, Disponível em < <http://www.inmet.gov.br> >. Acesso em: 05 de agosto de 2019.

MARANGON, G.P et al. **Estrutura e padrão espacial da vegetação em uma área de caatinga**. Floresta, v. 43, n. 1, p. 83-92, 2013.

MENEZES, N. S. **Fitossociologia do estrato arbóreo de um fragmento no município de Santa Isabel do Pará- Pa.** (Monografia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Instituto de Florestas. Seropédica, RJ, 2011.

PAOF. **Plano de outorga florestal do Amapá**, p. 37, 2010.

PEREIRA, L. A.; PINTO SOBRINHO, F. de A.; COSTA NETO, S. V. da. Florística e estrutura de uma mata de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Rio Iratapuru, Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 41, n. 1, p. 113-122, 2011.

PEREIRA, L. A.; SENA, K. S.; SANTOS, M. R.; COSTA NETO, S. V. Aspectos florísticos da FLONA do Amapá e sua importância na conservação da biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**. 5(2): 693-695, 2007.

SANTOS, R. O.; ABREU, J. C.; LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; SOTTA, E. D.; LIMA, R. C. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

SCHILING, A. C.; BATISTA, J. L.; COUTO, H. Z. Ausência de estabilização da curva de acumulação de espécies em florestas tropicais. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 101-111, 2012.

SHEPHERD, G. J. **Programa Fitopac versão 2.1**. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, 96p .2010.

SILVA, W. A. S.; CARIM, M. J. V.; GUIMARÃES, J. R. S.; CÁSSIA, L.; TOSTES, L. Composição e diversidade florística em um trecho de floresta de terra firme no sudoeste do Estado do Amapá, Amazônia Oriental, Brasil. **Biota Amazônia**. Macapá, v. 4, n. 3, p. 31-36, 2014.

SOUZA, A. L.; SOARES, C. P. **Florestas Nativas: estrutura, dinâmica e manejo/** Agostinho Lopes de Souza e Carlos Pedro Boechat Soares. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 322P. 2013.

Capítulo 9

DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM ÁREAS DE REFORESTAMENTO E MATA NATIVA ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Thalles Loiola Dias¹, Douglas Roberto Neres¹, Francielle Rodrigues de Oliveira², Marcelo Rossi Vicente³, Ronaldo Medeiros dos Santos³, Vinícius Orlandi Barbosa Lima³

¹ Engenharia Florestal, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, Brasil

Autor correspondente: thallesloiola1@gmail.com

Resumo: A evapotranspiração (ET) é um parâmetro primário para a maioria dos estudos envolvendo recursos hídricos, pois representa a principal perda de água no ciclo hidrológico. O sensoriamento remoto auxilia na obtenção da estimativa da ET em grandes áreas. Objetivou-se com este trabalho estimar a evapotranspiração de um plantio de eucalipto e de uma floresta estacional semidecidual, no Norte de Minas Gerais, utilizando o algoritmo *Mapping Evapotranspiration at high Resolution - METRIC* no aplicativo *Earth Engine Evapotranspiration Flux - EEflux*. Para a realização do estudo, foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 processadas pelo EEflux. Os dados foram processados e obteve-se a média dos valores de ET para as áreas. A área de plantio de eucalipto (reflorestamento) obteve menor evapotranspiração média quando comparada à área de floresta estacional semidecidual (mata nativa) no período avaliado, sendo a variação da evapotranspiração relacionada com a disponibilidade de radiação. O uso do algoritmo METRIC, associado ao aplicativo EEFLUX, para o estudo da evapotranspiração em bacias hidrográficas, pode auxiliar no manejo dos recursos hídricos de forma mais eficiente.

Palavras Chave: Sensoriamento remoto, Metric, Norte de Minas Gerais.

DETERMINATION OF EVAPOTRANSPIRATION IN REFORESTATION AND NATIVE FOREST AREAS THROUGH SATELLITE IMAGES

Abstract: Evapotranspiration (ET) is a primary parameter for most studies involving water resources, as it represents the main water loss in the hydrological cycle. Remote sensing assists in estimating ET in large areas. The objective of this paper was to estimate the evapotranspiration of a eucalyptus plantation and a seasonal semi-deciduous forest, in the northern of Minas Gerais, using the Mapping Evapotranspiration at High Resolution - METRIC algorithm in the Earth Engine Evapotranspiration Flux - EEflux app. LANDSAT 8 satellite images processed by the EEflux app were used. The data were processed and the average ET values were obtained for the areas. Eucalyptus plantation area had lower average evapotranspiration when compared to semi-deciduous forest in the evaluated period, and the variation of evapotranspiration related to radiation availability. The use of the METRIC algorithm, associated with the EEFLUX app, for the study of watershed evapotranspiration, can help in the management of water resources more efficiently.

Keywords: Remote sensing; Metric; North of Minas Gerais state.

1. INTRODUÇÃO

Existe um debate histórico sobre o papel desempenhado pelas espécies do gênero *Eucalyptus* na disponibilidade de água das bacias hidrográficas onde estão inseridos, frequentemente, associado à redução da vazão dos cursos d'água e à redução da umidade do solo.

Allen et al. (1998) define evapotranspiração como a transferência da água superficial para a atmosfera por meio da combinação dos processos de evaporação da água da superfície do solo e transpiração das plantas. O conhecimento do consumo de água em povoamentos florestais é de suma importância, mas deter esta informação na fase do ciclo hidrológico em condições corriqueiras requer uma grande gama de variáveis a serem definidas e obtidas através de estações meteorológicas, lisímetros e pelo balanço hídrico do solo.

O sensoriamento remoto é uma alternativa viável, para a estimativa da evapotranspiração, que oferece informação com alto grau de confiabilidade, rapidez e abrangência (CONCEIÇÃO, 2013). Vários modelos que utilizam produtos de sensores orbitais foram desenvolvidos, como por exemplo, o algoritmo *Surface Energy Balance Algorithm for Land* – SEBAL (BASTIAANSEN et al., 1998), que vem sendo amplamente utilizado (MKHWANAZI et al., 2015).

Atualmente também vem sendo utilizada a versão aprimorada do SEBAL, conhecida como *Mapping Evapotranspiration at high Resolution* – METRIC (ALLEN et al., 2007), na qual para obter um desempenho satisfatório, é necessário realizar uma calibração baseada no impacto da temperatura sobre o balanço de energia de superfície (MORTON et al., 2013). A fim de se reduzir as incertezas associadas ao processo de calibração e como um meio de automatizar a montagem e manuseio de dados acelerando os processos para obter a evapotranspiração, o aplicativo EEflux (*Earth Engine Evapotranspiration Flux*) foi desenvolvido na plataforma Google Earth Engine (GEE). O EEflux utiliza imagens do satélite LANDSAT armazenado no GEE. A interface do appspot oferece a seus usuários mapas de estimativas de ET para qualquer cena do Landsat seja ele 5, 7 ou 8 em no máximo um minuto (ALLEN et al., 2015). Os algoritmos, SEBAL e METRIC, foram testados em vários ecossistemas de diferentes países, nos Estados Unidos (ALLEN et al., 2007; BASTIAANSEN et al., 2005) e no Brasil (BEZERRA et al., 2008).

Em função da presença de áreas de reflorestamento na região Norte de Minas Gerais e da sua constante associação com a seca, objetivou-se com este trabalho estimar a evapotranspiração de um plantio de eucalipto e de uma floresta estacional semidecidual utilizando o algoritmo METRIC no aplicativo EEflux.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de São João do Paraíso - MG, em propriedade da empresa de reflorestamento do grupo União Recursos Florestais Ltda, conforme ilustrado na Figura 1.

Conforme classificação de Köppen, o clima característico da região é do tipo As - clima tropical com estação seca de verão (ALVARES et al., 2013). A área de estudo possui solo com textura argilosa, com os teores de 36, 48 e 16 dag kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

As áreas de estudo compreenderam uma parcela de aproximadamente 50 hectares com plantio de um clone de eucalipto tricross (*Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), cujo plantio foi realizado em 15 de setembro de 2015, e uma área de floresta estacional semidecidual com extensão de 170 hectares, que compõem a área de reserva legal da propriedade.

Figura 1. Mapa de situação da área de estudo

Para a realização do estudo foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 processadas pelo METRIC, da órbita/ponto 217/71, que corresponderam à área de interesse. Essas imagens processadas foram obtidas gratuitamente no aplicativo EEflux (<https://eeflux-level1.appspot.com>), ilustrado na Figura 2.

O METRIC é um algoritmo de processamento de imagem de satélite que estima evapotranspiração como o resíduo do balanço de energia na superfície (Allen et al., 2007), conforme é demonstrado na equação 1.

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

Em que: LE é o fluxo de calor latente; R_n é o saldo de radiação; G é o fluxo de calor do solo; e H é o fluxo de calor sensível.

Foram utilizadas 20 imagens nas seguintes datas: 17/01/2017; 06/03/2017; 22/03/2017; 23/04/2017; 10/06/2017; 20/01/2018; 09/03/2018; 26/04/2018; 12/05/2018; 26/06/2018; 03/10/2018; 22/12/2018; 23/01/2019; 12/03/2019; 29/04/2019; 31/05/2019; 16/06/2019; 02/07/2019; 03/08/2019; e 19/08/2019. Todas as imagens utilizadas foram de dias claros (sem cobertura de nuvens sobre a região de estudo).

Os dados obtidos foram processados no software *QGIS ZANZIBAR 3.81* e, após criar um arquivo shapefile das áreas de estudo, através da ferramenta “Estatísticas Zonais” obteve-se a média das estimativas de evapotranspiração (ET) para as duas áreas de interesse.

Figura 2. Interface do aplicativo EEflux

Fonte: EEflux (2019).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observam-se na Tabela 1 os valores da evapotranspiração das áreas de reflorestamento (ET_E) e mata nativa (ET_{MN}), em mm d^{-1} .

Tabela 1. Evapotranspiração do reflorestamento (ET_E) e mata nativa (ET_{MN}), em mm d^{-1} , relação entre as evapotranspirações, número de dias após os transplanto das mudas (DAT) e número de dias juliano

Data	ET_E (mm d^{-1})	ET_{MN} (mm d^{-1})	ET_E / ET_{MN} (%)	DAT	Dia Juliano
17/01/2017	4,87	6,53	75% 82%	490	17
06/03/2017	4,39	5,62	78%	538	65
22/03/2017	3,49	5,25	66%	554	81
23/04/2017	2,68	2,95	91%	586	113
10/06/2017	4,08	4,17	98%	634	161
20/01/2018	7,46	7,43	100% 92%	858	20
09/03/2018	9,56	9,74	98%	906	68
26/04/2018	2,4	2,51	96%	954	116
12/05/2018	2,65	2,78	95%	970	132
26/06/2018	1,22	1,07	114%	1015	177
03/10/2018	2,94	5,73	51%	1114	276
22/12/2018	4,99	5,39	93%	1194	356
23/01/2019	5,89	6,52	90% 99%	1226	23
12/03/2019	6,36	6,8	94%	1274	71
29/04/2019	2,62	2,55	103%	1322	119
31/05/2019	4,13	4,36	95%	1354	151
16/06/2019	2,32	2,22	105%	1370	167
02/07/2019	5,73	5,78	99%	1386	183
03/08/2019	3,27	3,00	109%	1418	215
19/08/2019	3,91	3,85	102%	1434	231
Média	4,25	4,71	93%		

Nota: DAT = dias após o transplanto.

A área de plantio de eucalipto (reflorestamento) apresentou valores de evapotranspiração, na maior parte das datas avaliadas, inferiores à área de vegetação nativa (floresta estacional

semidecidual), correspondendo em média a 93%. A variação da evapotranspiração foi de 1,22 a 9,56 mm d⁻¹ e 1,07 a 9,74 mm d⁻¹, para as áreas de reflorestamento e mata nativa, respectivamente. A evapotranspiração média foi de 4,25 mm d⁻¹ para a área de reflorestamento e 4,71 mm d⁻¹ para a área de mata nativa. Nota-se um padrão nos maiores e menores valores de evapotranspiração no período de estudo, sendo esses relacionados com a sazonalidade climática e à quantidade de radiação solar global.

Figura 3. Evapotranspiração diária (mm d⁻¹) para as datas (17/01/2017; 16/06/2017; 03/10/2018; 22/12/2018; 23/01/2019; 19/08/2019)

Embora a relação entre as evapotranspirações (ET_E/ET_{MN}) corresponda a 93% no período estudado, analisando o ano de 2019 essa relação atinge 99%, indicando o aumento do consumo pelo eucalipto com o aumento da idade.

Observam-se na Figura 3 os mapas da evapotranspiração para seis datas analisadas na área de reflorestamento e mata nativa. Nota-se que áreas de reflorestamento, em sua maioria, apresentam valores menores que a área de mata nativa. Resultados semelhantes foram encontrados por Veloso et al (2017) que observaram que as áreas de cultivo irrigado apresentaram valores de evapotranspiração inferiores às áreas de vegetação nativa.

4. CONCLUSÃO

A área de plantio de eucalipto (reflorestamento) obteve menor evapotranspiração média quando comparada com área da floresta estacional semidecidual (mata nativa) no período avaliado.

A variação da evapotranspiração nas áreas estudadas está relacionada com a sazonalidade climática da região, principalmente com a disponibilidade de radiação.

O uso do algoritmo METRIC, associado ao aplicativo EEFLUX, para o estudo da evapotranspiração em bacias hidrográficas, pode auxiliar no manejo dos recursos hídricos de forma mais eficiente.

Recomenda-se realizar estudos hidrológicos em larga escala temporal a fim de visualizar os reais efeitos da implantação de extensas áreas de silvicultura.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; MORTON, C.; KAMBLE, B.; KILIC, A.; HUNTINGTON, J.; THAU, D.; GORELICK, N.; ERICKSON, T.; MOORE, R.; TREZZA, R.; RATCLIFFE, I.; ROBISON, C. EEflux: A Landsat-based Evapotranspiration mapping tool on the Google Earth Engine. In **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2015; pp. 1–11.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Model. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 133, n. 04, p. 380-394, 2007.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSAG, A. A.M.; A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1 Formulation, **Journal of Hydrology**, n. 212-213, p. 198–212, 1998.
- BASTIAANSEN, W. G. M.; NOORDMAN, E. J. M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G.; THORESON, B. P.; ALLEN, R. G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 131, n. 01, p. 85-92, 2005.

BEZERRA, B. G.; SILVA, B. B. da; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM - Landsat 5. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 03, p. 305-317, 2008.

CONCEIÇÃO, M., A. Ajuste do modelo de hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência no noroeste paulista. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v. 7. p.306-316, 2013.

MKHWANAZI, M.; CHÁVEZ, J.L.; ANDALES, A.A. SEBAL-A: A Remote Sensing ET Algorithm that Accounts for Advection with Limited Data. Part I: Development and Validation. **Remote Sensing**, v. 7, p.15046-15067, 2015.

MORTON, C. G.; HUNTINGTON, J. L.; POHLL, G. M.; ALLEN, R. G.; MCGWIRE, K. C.; BASSETT, S. D. Assessing Calibration Uncertainty and Automation for Estimating Evapotranspiration from Agricultural Areas Using METRIC. **Journal American Water Resources Assoc.** 2013, 49, 549–562, doi:10.1111/jawr.12054.

VELOSO, G. A.; FERREIRA, M. E.; SILVA, B. B. Determinação da evapotranspiração real diária em áreas irrigadas do projeto Jaíba (Minas Gerais, Brasil), mediante imagens Landsat 5 – TM. **Revista Cerrados**, v.15, n. 1, p.53-76, 2017.

Capítulo 10

ÁRVORES DISPERSAS EM PASTAGENS MODIFICAM A COBERTURA DO SOLO NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

Mauricio Lima Dan¹, Sustanis Horn Kunz², Robert Gomes³,
Raquel Fernandes Zorzanelli³, Alex Rodrigues Daudt⁴, Gustavo Soares de Souza⁵

¹ Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

⁴ Fazenda Experimental Bananal do Norte, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil

⁵ Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus Itapina, Brasil Autor correspondente: mauricioldan@gmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar a influência de uma espécie leguminosa e uma não-leguminosa na cobertura do solo em pastagens no sul do Espírito Santo. Foram amostradas dez árvores isoladas de *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record e *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms, em nove propriedades rurais. Para obtenção do índice de cobertura de copas, com auxílio do *software Gap light analyzer 2.0*, foram utilizadas fotografias hemisféricas, sendo a área correspondente à projeção da copa sobre o solo de cada árvore uma unidade amostral, utilizando-se como controle uma área semelhante, a dez metros lineares a partir da borda da projeção da copa, a pleno sol. Fotografias planas do solo foram tomadas de cada unidade amostral sob a copa (SC) e fora da copa (FC) e analisadas quanto às porcentagens de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu, com o auxílio do *software SisCob*. Análises estatísticas foram realizadas no *software BioEstat 5.0*. *A. polycephala* apresentou maior cobertura do solo por forrageiras SC em relação a FC pelo teste t, não apresentando diferença para outras coberturas. Não houve diferença entre SC e FC para os três tipos de cobertura do solo em relação a *G. integrifolia* pelo teste t. O teste T² evidenciou diferença significativa entre as amostras de cobertura de solo na posição SC para ambas espécies. Para *A. polycephala*, houve correlação significativa (-0,88) entre a cobertura de forrageiras e a cobertura de solo nu SC. Para *G. integrifolia* houveram correlações significativas entre forragem e serapilheira (-0,89) e forragem e solo nu (-0,84) SC. A cobertura do solo sob a copa das duas espécies foi a que obteve menor distância multivariada de Penrose e Mahalanobis. *A. polycephala* demonstra facilitar a cobertura do solo por forrageiras sob a copa devido a fixação de nitrogênio, *G. integrifolia* parece ter uma interação de tolerância em relação às forrageiras.

Palavras chave: Fabaceae; Agroecossistema; Interação Ecológica; Recuperação de Áreas Degradadas; Forrageira.

SCATTERED Paddock TREES MODIFY THE SOIL COVER IN SOUTH ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL

Abstract: The study aimed to evaluate the influence of a legume and a non-legume species on the soil cover in pastures in the south of Espírito Santo, Brazil. Ten scattered trees of *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record and *Gallesia integrifolia* (Spreng.) Harms were sampled in nine farms. To obtain the canopy cover index, Gap light analyzer 2.0 software was used to analyze hemispheric photographs. The area corresponding to the canopy projection of each tree was a sampling unit, using a similar area as control, at ten linear meters from the edge of the canopy projection in full sun. Flat photographs of the soil were taken from each sample unit under the canopy (UC) and outside the canopy (OC) and analyzed for percentages of forage, litter and bare soil coverage with the aid of SisCob software. Statistical analyzes were performed using BioEstat 5.0 software. *A. polycephala* presented higher forage soil cover UC compared to OC, showing no difference for litter and bare soil. There was no difference between UC and OC for the three types of soil cover in relation to *G. integrifolia*. The T² test showed a significant difference between the soil cover samples in the UC position of both species. For *A. polycephala*, there was a significant correlation (-0.88) between forage cover and bare soil cover UC. For *G. integrifolia* there were significant correlations between forage and litter (-0.89) and forage and bare soil (-0.84) UC. The ground cover under the crown of both species was the one that obtained the smallest multivariate distance from Penrose and Mahalanobis. *A. polycephala* seems to facilitate soil cover by forage under the canopy due to nitrogen fixing; *G. integrifolia* appears to have a tolerant interaction with forage.

Keywords: Fabaceae; Agroecosystem; Ecological Interactions; Recovery of Degraded Areas; Fodder.

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas alterados pela atividade antrópica são cada vez mais recorrentes no sudeste brasileiro. Árvores dispersas nas pastagens são, além de refúgio térmico para os animais, remanescentes de extrema importância para a conservação da biodiversidade nestas áreas, pois promovem inúmeros serviços ecológicos, como incorporação de nutrientes no solo e atuação como catalizadoras do processo de regeneração natural (SIQUEIRA et al., 2017).

Maiores benefícios são observados em espécies nativas, pois estas são naturalmente adaptadas ao ecossistema, intensificando as interações ecológicas. Segundo Sánchez-Jardón et al. (2010), o conhecimento das interações entre as árvores e a cobertura do solo é determinante para a adoção de sistemas de cultivo com a presença do componente arbóreo, que pode influenciar positivamente ou negativamente a produção de forragem.

Diversas espécies nativas da Mata Atlântica podem ser avistadas em áreas de pastagem no sul do Espírito Santo, principalmente espécies pioneiras como *Albizia polycephala* (angico-branco), pertencente à família Fabaceae, e *Gallesia integrifolia* (pau-d'alho), da família Phytolaccaceae, que também são encontradas em matas da região, como observado por Archanjo et al. (2011). Ambas espécies têm uso madeireiro, proporcionam boa sombra e são recomendadas para plantios de reflorestamento em áreas abertas (LORENZI, 1992).

Diante deste contexto, considerando a importância ecológica e os potenciais benefícios proporcionados por essas espécies, tem-se a seguinte questão: como árvores de *A. polycephala* e *G. integrifolia*, dispersas em pastagens, influenciam a cobertura do solo? Objetivou-se por meio deste estudo avaliar a influência de uma espécie leguminosa e uma não-leguminosa na cobertura do solo em áreas de pastagem na região sul do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste estudo foram coletados na Macrorregião Sul do Espírito Santo, caracterizada pela predominância de solos com fertilidade de média a baixa, com relevo ondulado no interior a plano-ondulado na região litorânea, grande parte com clima quente, verão chuvoso e inverno seco (ESPÍRITO SANTO, 2008). A maior parte das chuvas ocorre entre os meses de outubro a março, com média pluviométrica em torno de 1200 mm ao ano (ALMEIDA-JÚNIOR, 2012). Na Macrorregião Sul foram escolhidos para coleta de dados os municípios de Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Jerônimo Monteiro, em função da proximidade geográfica, facilidade de acesso e pela paisagem rural visivelmente dominada por áreas degradadas.

A partir de um censo arbóreo (DAP $\geq 5,0$ cm), realizado em 136,9 hectares descontínuos de pastagem, distribuídos em nove propriedades rurais, no sul do ES, foram inventariadas 2253 árvores de 143 espécies dispersas em pastagens. Dentro deste conjunto, considerou-se somente árvores das espécies *A. polycephala* e *G. integrifolia*, priorizando-se aquelas com maior DAP. Foram amostradas dez árvores isoladas de cada espécie (total= 20) que foram mensuradas, identificadas e georreferenciadas.

Para caracterização da densidade de cobertura de copas destas duas espécies foi utilizada uma câmera digital fotográfica modelo Canon Dslr Eos Rebel S11, uma lente Canon EF 8-15mm f/4L Fisheye USM e um tripé Benro A1970T, a 1,0 m do solo. Estes equipamentos foram posicionados a norte e a sul, sob a projeção da copa de cada árvore, na metade do raio entre o tronco e a borda da projeção da copa (Figura 1) para coleta de fotografias.

Para orientar o braço lateral do tripé ao norte geográfico, uma bússola digital de três eixos (Garmin GPSMAP 64sc) foi utilizada. As fotografias foram tomadas em horários do dia nos quais não havia penetração de radiação solar direta no interior da copa, evitando-se os horários entre 10:00 h e 16:00 h. As imagens hemisféricas foram analisadas com auxílio do programa GLA 2.0 - GAP LIGHT ANALYZER (FRAZER et al., 1999).

A área da projeção vertical da copa sobre o solo abaixo de cada árvore amostrada foi considerada uma unidade amostral, utilizando-se como controle uma área semelhante, adjacente a cada unidade, distando pelo menos dez m lineares a partir da borda da projeção da copa (Figura 1), totalizando $n = 20$ unidades por espécie. Foram tomadas fotografias planas da cobertura do solo, a 1,05 m acima do solo, com a mesma câmera montada sobre o mesmo tripé anteriormente descrito, porém com a lente objetiva Canon EFS 18-55 mm com abertura (fixada em 35,00 mm) na direção vertical, no sentido ortogonal, voltada na projeção descendente para o solo, sob dez copas, a norte, sul, leste e oeste do caule, correspondendo a quatro sub-parcelas de avaliação de cobertura do solo, com $0,24 \text{ m}^2$ de área avaliada cada, totalizando $0,96 \text{ m}^2 \cdot \text{parcela} \cdot \text{árvore}^{-1}$, as avaliações foram repetidas nas unidades amostrais fora da copa, nas mesmas condições.

Figura 1. Parcelas e subparcelas amostrais na projeção da copa e controle, para amostragem de cobertura do solo em área de pastagem no Sul do Espírito Santo

Nota: (SC) Sob a Copa; (FC) Fora da Copa. Fonte: Autores (2020).

As fotografias foram realizadas com o tripé alocado na metade do raio ($r/2$) de cada unidade amostral sob a copa (SC) e fora da copa (FC) a partir do centro. No total, obtiveram-se 80 fotografias para cada uma das duas espécies arbóreas, sendo 40 no estrato SC e 40 no estrato FC.

Com o auxílio do *software* SisCob (JORGE e SILVA, 2010) as fotografias foram analisadas quanto às porcentagens de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu. As imagens foram interpretadas por meio de classificação semi-supervisionada, adicionando-se à memória do programa amostras representativas de padrões de cada classe. Após isso, criaram-se e treinaram-se duas redes neurais para avaliar as imagens com base nos padrões de cobertura inseridos, referentes a cada espécie de árvore, e classificaram-se em dois blocos separados as 80 imagens relativas à *A. polycephala* e 80 à *G. integrifolia*. Para cada tratamento (SC e FC) a cobertura da parcela foi considerada a partir das médias de coberturas relativas de cada classe.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do *software* Bioestat 5.0 (AYRES et al., 2007). Por meio do Teste t não pareado de Student (univariado) foram comparadas, individualmente, cada classe de variável de cobertura do solo (forrageiras, serapilheira e solo nu) entre SC e FC, para cada espécie separadamente. Utilizou-se o teste multivariado T^2 de Hotelling

para comparação entre as amostras de cobertura do solo das duas espécies SC e FC. Foram calculadas as correlações de Pearson entre as diferentes coberturas de solo sob a copa das árvores (SC somente) e o teste de distância multivariada de Penrose e Mahalanobis para os dados SC e FC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As porcentagens de cobertura do solo com forragem, serapilheira e solo nu para *Albizia polycephala* e *Galesia integrifolia* estão representadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Porcentagem de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu sob a copa (SC) e fora da copa (FC) de *Albizia polycephala* em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo

Posição	Forrageiras*	Serapilheira ^{ns} (%)	Solo Nu ^{ns}
SC	51,33	26,08	22,49
FC	38,08	26,87	35,05

Nota: *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de student.

Somente a espécie *A. polycephala* apresentou diferença estatística significativa pelo teste t ($p < 0,05$, unilateral), apresentando maior cobertura do solo por forrageiras sob a copa em relação a cobertura de forrageiras fora da copa. As proporções de cobertura por serapilheira e solo nu não diferiram entre as posições SC e FC para esta espécie.

Tabela 2. Porcentagem de cobertura de forrageiras, serapilheira e solo nu sob a copa (SC) e fora da copa (FC) de *Galesia integrifolia* em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo

Posição	Forrageiras ^{ns} (%)	Serapilheira ^{ns}	Solo Nu ^{ns}
SC	48,39	27,54	24,07
FC	43,93	27,67	28,40

Nota: *Significativo a 5% de probabilidade, ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t de student.

O desenvolvimento de espécies forrageiras tropicais na presença do elemento arbóreo está relacionado predominantemente com a característica de densidade de cobertura das copas, que é influenciada pela altura, arquitetura e fenologia das árvores. Estas variáveis alteram o fornecimento de luz para a pastagem e consequentemente tem influência em sua produção (MAGALHÃES et al., 2004).

A presença de maior cobertura de forrageiras no solo sob a copa do *A. polycephala* em relação a posição fora da copa foi possível pois a cobertura média de copa para a espécie não foi elevada (55,4%). Com disponibilidade de luz, o fator determinante para o desenvolvimento das forrageiras pode estar relacionado a fertilidade do solo, como observado por Wilson (2002), que obteve efeitos significativamente benéficos às propriedades do solo sob a copa de árvores isoladas em pastagem. Estes benefícios são potencializados pelas espécies como o *A. polycephala*, que são capazes de fixar nitrogênio no solo devido a nodulação radicular por bactérias *Rhizobium* (DOS SANTOS et al., 2016).

O teste T^2 de Hotelling evidenciou diferença estatística significativa entre as amostras na posição sob a copa das árvores ($F = 0,0556$; $p = 0,0183$), indicando que a estrutura da cobertura do solo sob a copa de árvores pode ser influenciada diferentemente para *A. polycephala* e *G. integrifolia*. Não houve diferença estatística para os dados de cobertura fora da copa ($F = 3,1888$; $p = 0,5578$).

As correlações entre os dados de cobertura do solo sob a copa das árvores e com a densidade de cobertura da copa foram descritas na matriz de correlação apresentada na Tabela 3.

Conforme apresentado na Tabela 3, para *A. polycephala*, houve somente correlação significativa negativa (-0,88) entre a cobertura de forrageiras e a cobertura de solo nu, que era esperado pois quanto maior a cobertura de forragem no solo, menor espaço para presença de solo exposto. Já para *G. integrifolia* obteve-se correlações significativas negativas entre forragem e serapilheira (-0,89) e forragem e solo nu (-0,84).

Tabela 3. Matriz de correlação entre dados de cobertura do solo sob a copa de *Albizia polycephala* e *Gallesia integrifolia* em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo

Espécie	Estatística	Var 1 e 2	Var 1 e 3	Var 1 e 4	Var 2 e 3	Var 2 e 4	Var 3 e 4
Albizia	r (Pearson) =	-0,0330	-0,8838	-0,2529	0,0410	0,0668	0,2587
polycephala	(p) =	0,1380	0,0007*	0,4808	0,9104	0,8546	0,4704
Gallesia	r (Pearson) =	-0,8949	-0,8391	-0,5676	0,5082	0,3871	0,6235
integrifolia	(p) =	0,0005*	0,0024*	0,0869	0,1336	0,2690	0,0540

Nota: *significativo a 5% de probabilidade. Var 1: Cobertura de forrageiras; Var 2: Cobertura de serapilheira; Var 3: Cobertura de solo nu; Var 4: Densidade de cobertura de copa.

Apesar de não apresentar significância a 5% de probabilidade ($p > 0,05$), houve correlação positiva entre a densidade de cobertura da copa e solo nu para *G. integrifolia*, indicando uma tendência de que quanto maior for a densidade de copa, maior a chance de aumentar a proporção de solo nu sob ela.

As correlações encontradas para *G. integrifolia* podem estar relacionadas às características da espécie, como a densidade de cobertura de copa encontrada no presente estudo (76,12%), além de suas folhas simples, elípticas a ovadas, de 23 cm x 11 cm, mais dificilmente decompostas enquanto serapilheira. A menor densidade de cobertura da copa de *A. polycephala* (55,4%) e suas folhas recompostas permitem maior passagem de luz e maior taxa de decomposição de serapilheira (NETO et al., 2013; MARCHIORETTO, 2015).

Segundo Varella et al. (2012), a luminosidade é um dos mais importantes elementos para o desenvolvimento de espécies forrageiras, sendo seu crescimento regulado pela fotoassimilação, em função da disponibilidade de água e nutrientes. Portanto, quanto maior a cobertura de copa, menor será a intensidade luminosa e consequentemente o desenvolvimento da forragem sob a copa das árvores.

Por meio dos testes de Penrose e Mahalanobis, foi possível obter distâncias multivariadas para as espécies avaliadas, sob e fora da copa, conforme pode ser observado na Figura 2.

Observa-se na Figura 2 que a cobertura do solo sob a copa das duas espécies (A e B) foi a variável que obteve menor distância multivariada. A maior distância foi observada para *A. polycephala* sob e fora da copa (A e C), havendo maior diferença entre a conformação da cobertura do solo na presença e ausência desta espécie, como já evidenciado pela diferença na cobertura de forrageiras, apresentada na Tabela 1. Para *G. integrifolia*, a distância entre os estratos sob e fora da copa foi inferior (B e D).

Apesar da maior similaridade de cobertura do solo sob a copa das duas espécies, a maior distância multivariada em relação a pastagem fora da copa de *A. polycephala*, pode estar correlacionada a fixação de nitrogênio por esta, podendo intensificar a ciclagem de nutrientes e a disponibilidade de água, reduzindo perdas de nutrientes e sendo fundamental para a manutenção da cobertura do solo (SILESHI et al., 2014)

Figura 2. Distâncias multivariadas de Penrose e Mahalanobis para cobertura de solo sob e fora da copa de *Albizia polycephala* e *Gallesia integrifolia*, em áreas de pastagem no Sul do Espírito Santo

Nota: Coberturas de solo A: sob a copa de *A. polycephala*; B: sob a copa de *G. integrifolia*; C: fora da copa de *A. polycephala*; D: fora da copa de *G. integrifolia*.

4. CONCLUSÃO

Árvores isoladas de *Albizia polycephala* e *Gallesia integrifolia* dispersas nas pastagens no Sul do Espírito Santo modificam diferentemente as proporções de cobertura do solo por forrageiras, principalmente Poaceae, serapilheira e solo nu.

As análises indicaram que, apesar das duas espécies arbóreas apresentarem semelhanças em relação à cobertura do solo sob as copas, acredita-se que *A. polycephala*, devido à característica de fixadora de nitrogênio, esteja facilitando o processo de colonização do solo por forrageiras, já *G. integrifolia* demonstra ter uma interação ecológica de tolerância em relação as forrageiras.

Estudos experimentais complementares, em condições controladas, poderão elucidar melhor o entendimento sobre o padrão de cobertura do solo na interação dessas espécies arbóreas, visando subsidiar o melhor arranjo para implantação de sistemas silvipastoris sustentáveis.

5. AGRADECIMENTOS

À Fapes (processo 76463540) pelo apoio financeiro à pesquisa, pela concessão da bolsa (BCO) de coordenador ao primeiro autor, pela bolsa AT-nível superior à Raquel F. Zorzanelli.

Aos agricultores que colaboraram, permitindo o acesso às propriedades para coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-JÚNIOR, G.A. et al. **Avanços tecnológicos na bovinocultura de leite**. Alegre: CCAUFES, 2012. 233 p.
- AYRES, M. AYRES M. J. AYRES, D. L. SANTOS, A. A. S. & AYRES, L. L. 2007. **BioEstat 5.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas**. Belém, PA. 364pp.
- DOS SANTOS, Renata Soares et al. Selection of mycorrhizal fungi for the initial growth of *Albizia polycephala*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 2, p. 98-103, 2016.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura**. Novo PEDEAG 2007-2025/Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória: SEAG, 2008. 284 p.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. **Gap light analyzer (GLA), version 2.0: imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation**. 1999. Disponível em: <http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap_light_analyzer.htm>. Acesso em: 10 set. 2017.
- JORGE, L. A. C.; SILVA, D. J. C.B. **SISCOB: Software para análise de cobertura do solo**. In: Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO-ConBAP, 2010, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: SBEA, 2010. 1 CD-ROM., 2010.
- MAGALHÃES, João Avelar et al. Sistemas silvipastoris: alternativa para Amazônia. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 3, 2004.
- MARCHIORETTO, M.S. 2015. **Phytolaccaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12578>>. Acesso em: 09 Set 2019
- NETO, Felipe Vieira Cunha et al. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.
- SÁNCHEZ-JARDÓN, L. et al. Grassland productivity and diversity on a tree cover gradient in *Nothofagus pumilio* in NW Patagonia. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 137, n. 1-2, p. 213-218, 2010.
- SILESHI, Gudeta Weldesemayat et al. Agroforestry: fertilizer trees. **Encyclopedia of agriculture and food systems**, v. 1, p. 222-234, 2014.
- SIQUEIRA, Flávia Freire et al. How scattered trees matter for biodiversity conservation in active pastures. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 250, p. 12-19, 2017.
- VARELLA, Alexandre Costa et al. **Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no sul do Brasil**. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos;

FONTANELI, R. S. (Ed.). Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

WILSON, Brian. Influence of scattered paddock trees on surface soil properties: a study of the Northern Tablelands of NSW. **Ecological Management & Restoration**, v. 3, n. 3, p. 211-219, 2002.

Capítulo 11

SERIA *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record UMA ÁRVORE POTENCIAL PARA SISTEMAS SILVIPASTORIS?

Maurício Lima Dan¹, Sustanis Horn Kunz², Robert Gomes³, Karla Maria Pedra Abreu⁴,
Alex Rodrigues Daudt⁵, Gustavo Soares de Souza⁶

¹ Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Sul, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

⁴ Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus Alegre, Brasil

⁵ Fazenda Experimental Bananal do Norte, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasil

⁶ Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus Itapina, Brasil Autor correspondente: mauricioldan@gmail.com

Resumo: Neste trabalho objetivou-se investigar a influência do pastejo sobre a produção de gramíneas em pastagens com árvores dispersas de *Albizia polycephala* e avaliar os atributos nitrogênio total (N) e matéria orgânica (MO) no solo dessas pastagens. Os dados foram coletados no Sul do Espírito Santo, Brasil. Foram amostradas 10 árvores isoladas. Amostras de gramíneas foram coletadas para avaliar a produção de matéria seca (MS) sob a copa (SC) e fora da projeção da copa (FC) das árvores no verão 2018/2019. Para avaliar a intensidade do pastejo bovino foram atribuídos cinco escores, variando de 0,0 (sem pastejo) a 4,0 (sem forragem). Amostras compostas indeformadas de solo foram coletadas de 0,00 a 5,00 cm e de 5,00 a 10,00 cm de profundidade nos pontos amostrais SC e FC. Para investigar a influência do pastejo contínuo sobre a produção de gramíneas SC e FC, foi procedida a regressão polinomial quadrática. Comparou-se a concentração de N e MO no solo nas posições SC e FC. A MS de gramíneas nas posições SC e FC não diferiu estatisticamente, pelo teste t. Entretanto, a produção de gramíneas sob a copa de *A. polycephala* aumentou concomitantemente ao pastejo animal até quando a intensidade do bocado atingiu intensidade 1,0 (pontas e folhas). Diferentemente, na posição fora da copa, a produção decresceu com o aumento do pastejo. Os teores de MO no solo não diferiram pelo teste t entre SC e FC de *A. Polycephala* nas duas profundidades, porém as concentrações de N total foram significativamente maiores ($p < 0,05$, unilateral) em ambas profundidades sob a copa. A partir dos resultados deste estudo, levantou-se a hipótese “Na presença da leguminosa noduladora *A. polycephala* existe facilitação da produção de gramíneas tropicais, proporcionando maior sustentabilidade ao pastejo bovino”. Sugere-se testá-la em futuros experimentos controlados de arranjos silvipastoris para validá-la com maior segurança.

Palavras chave: Fabaceae; Poaceae; Facilitação Ecológica, Segurança Alimentar; Bovinocultura.

WOULD *Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record BE A POTENTIAL TREE FOR SILVOPASTORAL SYSTEMS?

Abstract: This work aimed to investigate the influence of grazing on grass yield in pastures with dispersed trees of *Albizia polycephala* and to evaluate the attributes total nitrogen (N) and organic matter (OM) in the soil of these pastures. Data were collected in southern Espírito Santo, Brazil. Ten isolated trees were sampled. Grass samples were collected to evaluate the dry matter (DM) production under the canopy (UC) and outside the tree canopy (OC) projection in summer 2018/2019. To evaluate the intensity of cattle grazing, five scores were attributed, ranging from 0.0 (no grazing) to 4.0 (no forage). Undeformed composite soil samples were collected from 0.00 to 5.00 cm and from 5.00 to 10.00 cm deep at the UC and OC sampling points. To investigate the influence of continuous grazing on UC and OC grass production, quadratic polynomial regression was performed. The concentration of N and OM in the soil at the UC and OC positions was compared. The grass DM in the UC and OC positions did not differ statistically by the t test. However, grass production under *A. polycephala* canopy increased concomitantly with grazing until the intensity of the bite reached intensity 1.0 (tips and leaves). In contrast, in the position outside the crown, production decreased with the increase of grazing. Soil OM contents did not differ by t test between UC and *A. Polycephala* OC at both depths, but total N concentrations were significantly higher ($p < 0.05$, unilateral) at both depths under the canopy. From the results of this study, the hypothesis was raised “In the presence of the nodulating legume *A. polycephala* there is facilitation of the production of tropical grasses, providing greater sustainability to cattle grazing”. It is suggested to test it in future controlled experiments of silvopastoral layout to validate it more safely.

Keywords: Fabaceae; Poaceae; Ecological Facilitation, Food Security; Cattle farming.

1. INTRODUÇÃO

A conciliação entre a segurança alimentar e a conservação da biodiversidade é um assunto recorrente nas agendas internacionais. Neste contexto, os sistemas integrados de produção silvipastoril e silviagrícola, nas Américas do Norte e do Sul, são considerados pela FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (2015) como de significativa e positiva interação ecológica e econômica entre a silvicultura e a pecuária.

A árvore na pastagem proporciona um espaço para o bem-estar animal. Sob a sombra os animais se deitam, ruminam, dormem e se alimentam. Vacas pastejam mais no sistema silvipastoril do que na pastagem à pleno sol, principalmente na estação seca. Isso pode contribuir para aumentar a produtividade animal, já que a qualidade da forragem pode melhorar devido a intensificação da ciclagem de nutrientes sob a copa (SILVA et al. 2013).

Além do que pelo processo de fixação de nitrogênio no solo, espécies de árvores da família Fabaceae, devido à simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, contribuem para o enriquecimento da macrofauna do solo devido à deposição da serapilheira e diminuição da relação C/N sob a copa (DIAS et al., 2006a).

O angico-branco (*Albizia polycephala* (Benth.) Killip ex Record) é uma árvore leguminosa (Fabaceae Mimosoideae) endêmica do Brasil, natural nos domínios fitogeográficos Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, em formações estacionais e ombrófilas (IGANCI, 2015; BFG – THE BRAZIL FLORA GROUP, 2015). *A. polycephala* é uma pioneira semidecídua que pode ocorrer espontaneamente em pastagens (SOUTO et al., 2004). A espécie possui simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, em nódulos radiculares, e com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) do Filo *Glomeromycota* (SPRENT et al. 2017).

Além da importância ecológica, o angico-branco possui madeira indicada para tábuas, construção civil, fabricação de embarcações, cercas e lenha (LORENZI, 2008; NASCIMENTO et al., 2009; FERNANDES et al., 2014 e ANDRADE et al., 2016). Seria esta espécie indicada para sistemas silvipastoris (SSP)? Os objetivos deste trabalho foram avaliar a concentração de nitrogênio (N) e matéria orgânica (MO) no solo, bem como investigar a influência do pastejo sobre a produção de biomassa em pastagens com árvores dispersas de *A. polycephala*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados deste estudo foram coletados na Macrorregião Sul do ES, caracterizada pela predominância de solos com fertilidade de média a baixa, com relevo ondulado no interior e plano-ondulado na região litorânea, grande parte com clima quente, verão chuvoso e inverno seco (ESPÍRITO SANTO, 2008). A maior parte das chuvas ocorre entre os meses de outubro a março, com média pluviométrica em torno de 1200 mm ao ano (ALMEIDA-JÚNIOR, 2012). Na Macrorregião Sul, foram escolhidos os municípios de Alegre, Cachoeiro de Itapemirim e Jerônimo Monteiro, em função da proximidade geográfica, facilidade de acesso e pela paisagem rural visivelmente dominada por áreas degradadas, para coleta de dados.

A partir de um censo arbóreo (Diâmetro a Altura do Peito $\geq 5,0$ cm), realizado em 136,9 ha descontínuos de pastagem, distribuídos em nove propriedades rurais, no sul do ES, foram inventariadas 2253 árvores de 143 espécies dispersas nas pastagens. Dentro deste conjunto, considerando somente árvores da espécie *Albizia polycephala*, priorizando-se aquelas com maior DAP, foram amostradas dez árvores isoladas que foram mensuradas, identificadas e georreferenciadas.

A projeção da copa de cada árvore amostrada sobre o solo foi considerada uma unidade amostral, utilizando-se como controle uma área semelhante, adjacente a cada unidade, distando pelo menos 10,00 m lineares a partir da borda da projeção da copa, totalizando $n = 20$, vide Figura 1. Foram coletadas dez amostras de gramíneas (Poaceae), sob as copas, a norte, sul, leste e oeste

do caule, em quatro sub-parcelas de $0,25 \text{ m}^2$, totalizando $1,00 \text{ m}^2 \cdot \text{parcela} \cdot \text{árvore}^{-1}$, mais dez amostras fora da copa. As sub-parcelas foram alocadas na metade do raio ($r/2$) de cada unidade amostral sob a copa (SC) e fora da copa (FC). As amostras de gramíneas foram ceifadas a 5,00 cm acima do solo e acondicionadas em sacos de papel, após isso foram secas em estufa de circulação até obtenção de massa constante e pesadas em balança de precisão. Tais coletas foram realizadas entre dezembro de 2018 e fevereiro de 2019, no verão, por ser considerada uma estação de maior produção de gramíneas tropicais (RESTLE et al., 2002).

Figura 1. Parcelas e subparcelas amostrais na projeção da copa e controle, para amostragem de gramíneas forrageiras em área de pastagem no Sul do Espírito Santo

Nota: (SC) Sob a Copa; (FC) Fora da Copa. Fonte: Autores (2020).

Para avaliar a intensidade do pastejo das gramíneas pelo gado foram atribuídos cinco escores, de acordo com a intensidade do alcance do bocado na forragem: 0,0 (sem pastejo), 1,0 (pontas e folhas), 2,0 (colmo), 3,0 (estolão) e 4,0 (sem forragem). O escore médio da parcela foi obtido a partir da soma de escores parciais de cada subparcela dividido por 04, atribuindo-se o resultado a cada ponto amostral.

Para avaliar os atributos químicos do solo, nitrogênio total (N) e matéria orgânica (MO), foram coletados nos pontos SC e FC amostras indeformadas de solo nas camadas de profundidade de 0,00 a 5,00 cm e de 5,00 a 10,00 cm. As análises laboratoriais dos atributos N e MO seguiram os protocolos recomendados por DONAGEMA et al. (2011).

Para investigar a influência do pastejo (variável independente) sobre a produção de biomassa de gramíneas (variável dependente) sob a projeção da copa (SC) e fora dela (FC), foi procedida a análise de regressão polinomial quadrática, por ser aquela com melhor ajuste aos dados. Antes de proceder a essa análise, foram testadas a normalidade e homocedasticidade de resíduos da regressão para atender os pressupostos (ZAR, 1984). Comparou-se por meio do teste t não pareado a massa de matéria seca de gramíneas nas posições SC e FC. Pelo mesmo teste comparou-se a concentração de nitrogênio total (N) e de matéria orgânica (MO) no solo nas posições SC e FC, nas camadas de 0,00 a 5,00 cm e de 5,00 a 10,00 cm de profundidade. Todas as análises estatísticas foram procedidas com o auxílio do software Bioestat 5.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de produção das massas de matéria seca coletadas nas posições SC (203,95 g.m⁻²) e FC (170,82 g.m⁻²) não diferiram estatisticamente ($t=0,7424$; $p=0,4674$) a 5% de probabilidade. A época de coleta das amostras coincide com o período chuvoso, que segundo Castro et al. (2009), propicia crescimento elevado da forragem, em decorrência de maior disponibilidade hídrica e incidência luminosa. Os autores acima citados encontraram diferença no crescimento sob influência de árvores leguminosas em relação ao pleno sol, porém, para um sistema silvipastoril com diferentes níveis de luminosidade.

Os escores médios de intensidade de pastejo atingiram valores entre 0 e 2,5 sob a copa e 0 a 3 fora da copa. As interações entre a intensidade média de pastejo correlacionadas à produção de gramíneas por meio de regressão polinomial quadrática para os dados sob e fora da copa de *A. polycephala* estão apresentadas nas Figura 2 e 3, respectivamente.

Figura 2. Regressão polinomial quadrática ($F=9,8561$; $p=0,0096$) representando a produção de gramíneas em função da intensidade de pastejo a 5% de probabilidade, sob a copa de *A. polycephala* em áreas de pastagem no sul do Espírito Santo, Brasil

Nota: ** (significativo) = $p < 0,01$.

É possível observar na Figura 2 que a produção de forragem sob a copa de *A. polycephala* é capaz de suprir o pastejo animal em intensidades ideais, quando o gado consome somente as pontas dos brotos e as folhas das gramíneas, mantendo o aumento no crescimento em massa seca (escore médio $< 1,0$), quando o pastejo tende a atingir o colmo da gramínea (escore médio $> 1,0$) a produção de gramíneas tende a decair (CARVALHO et al., 2009).

Apesar da influência do sombreamento moderado oferecido pela espécie arbórea, algumas gramíneas possuem característica de

tolerância a sombra, sendo capazes de expandir sua área foliar para aumentar a eficiência fotossintética, resultando em maior produção de massa seca (LOPES et al, 2017).

Conforme apresentado na Figura 3, é possível observar a tendência de que a produção de forragem fora da copa de *A. polycephala* não ocorre de forma sustentável, havendo decréscimo na produção desde as intensidades mínimas de pastejo. A baixa qualidade do ajuste da regressão ($R^2=0,21$) pode estar relacionada a fatores ambientais e/ou biológicos não controlados, que atuam diferentemente fora da projeção da copa (MAZÍA et al. 2016).

Figura 3. Regressão polinomial quadrática ($F=0,8345$, $p=0,5185$) representando a produção de gramíneas em função da intensidade de pastejo a 5% de probabilidade, fora da copa de *A. polycephala* em área de pastagem no sul do Espírito Santo, Brasil

Nota: ns (não significativo)= $p>0,05$.

Sem a influência da sombra das árvores na forragem, esta diferença na produção de gramíneas pode estar relacionada às características químicas do solo. As espécies leguminosas arbóreas fixadoras de nitrogênio tem a capacidade de melhorar as características de fertilidade do solo, principalmente as espécies nodulantes, capazes de fixar nitrogênio. Pode ocorrer então, o favorecimento na produção de forragem, pela maior disponibilidade de nutrientes (DIAS et al., 2006b). Boa parte destes nutrientes são transferidos para a pastagem via ciclagem de nutrientes, porém, outra via de transferência ocorre por meio da interação com micorrizas, mesmo que em menor quantidade (MUNROE e ISAAC, 2014).

Por meio da análise de matéria orgânica no solo (Tabela 1), verificou-se que os teores não se alteram sob e fora da copa de *A. Polycephala*, quando comparados na duas profundidades, a 5% de probabilidade. Porém, os teores de nitrogênio (uma fração extraída a partir da matéria orgânica) diferiram estatisticamente em ambas as camadas coletadas, como pode ser visto na Tabela 1. Entende-se que houve aumento de N, na presença dessa espécie leguminosa arbórea fixadora de nitrogênio. Segundo Snoeck et al. (2000), a deposição de serrapilheira é uma das principais vias de transferência de nitrogênio ao solo pelas leguminosas, podendo chegar até 75% de aumento de conteúdo.

Tabela 1. Teores de matéria orgânica e nitrogênio total presentes no solo nas posições sob e fora da copa de *A. polycephala* em áreas de pastagem no sul do Espírito Santo, Brasil

Posição	Matéria Orgânica (g.kg ⁻¹)		Nitrogênio (g.kg ⁻¹)	
	0 - 5 cm ^{ns}	5 - 10 cm ^{ns}	0 - 5 cm*	5 - 10 cm*
SC	36,40	29,29	2,54	2,24
FC	32,06	25,41	2,20	2,01

Nota: ^{ns} Não significativo pelo teste t não pareado a 5% de probabilidade. * Significativo pelo teste t não pareado a 5% de probabilidade.

O nitrogênio é um nutriente essencial para o desenvolvimento das gramíneas forrageiras e para a manutenção da perenidade da pastagem. A reposição de nitrogênio nas pastagens pode ser feita com a implantação de espécies leguminosas arbóreas em áreas de pastagem, para complementar ou substituir a adubação mineral, de acordo com o sistema de produção desejado (SANTOS, PRIMAVESI e BERNARDI, 2010).

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados deste estudo, sugere-se que árvores dispersas de *Albizia polycephala* alteraram as condições ambientais nas pastagens do sul do Espírito Santo, facilitando a produção de gramíneas sujeitas a pastejo contínuo. Assim, levantou-se a seguinte hipótese: “Na presença da leguminosa noduladora *A. polycephala* existe facilitação da produção de gramíneas tropicais, proporcionando maior sustentabilidade ao pastejo bovino”. Sugere-se testá-la em futuros experimentos controlados de arranjos silvipastoris, sobretudo comparando o pastejo contínuo com o rotacionado para validá-la com maior segurança.

5. AGRADECIMENTOS

À Fapes (processo: 76463540) pelo apoio financeiro a pesquisa e concessão da bolsa de coordenador (BCO) ao primeiro autor. Aos agricultores que permitiram o acesso às suas propriedades para coleta de dados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-JÚNIOR, G.A. et al. **Avanços tecnológicos na bovinocultura de leite**. Alegre: CCAUFES, 2012.
- ANDRADE, I. L. M. M. et al. **Espécies arbóreas utilizadas por pescadores para a construção de jangadas**. Área de Proteção Ambiental Costa de Itacaré-Serra Grande, Bahia, Brasil. *Rodriguésia*, v. 67, n. 1, p. 045-053. 2016.
- BFG (The Brazil Flora Group). **Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil**. *Rodriguésia*, v. 66, n. 4, p. 1085-1113. 2015.
- CARVALHO, P. C. F. et al. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta-animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista brasileira de zootecnia**. v. 38, supl. especial, p. 109-122, 2009.
- CASTRO, Carlos Renato Tavares et al. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 19, 2009.
- DIAS, P. F. et al. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 1015-1021, jun. 2006a.
- DIAS, P. F. et al. Influência da projeção das copas de espécies de leguminosas arbóreas nas características químicas do solo. **Pasturas tropicais**, v. 28, n. 2, 2006b.
- DONAGEMA, G. K. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Documentos**: 132. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura**. Novo PEDEAG 2007-2025/Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória: SEAG, 2008. 284 p.
- FERNANDES, J. M. et al. **Etnobotânica de Leguminosae entre agricultores agroecológicos na Floresta Atlântica, Araponga, Minas Gerais, Brasil**. *Rodriguésia*, v. 65, n. 2, p. 539-554, 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO.

Environmental performance of large ruminant supply chains: Guidelines for assessment. Roma: FAO, 2015.

IGANCI, J. R. V. 2015. *Albizia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18067>>. Acesso em: 12 Ago. 2019.

LOPES, C. M. et al. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Embrapa Gado de Leite-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v. 1, 384 p.

MAZÍA, N. et al. The sign and magnitude of tree–grass interaction along a global environmental gradient. **Global Ecology and Biogeography**, v. 25, p. 1510–1519, 2016.

MUNROE, Jake W.; ISAAC, Marney E. N 2-fixing trees and the transfer of fixed-N for sustainable agroforestry: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 34, n. 2, p. 417-427, 2014.

NASCIMENTO, V. T. et al. **Rural fences in agricultural landscapes and their conservation role in an area of caatinga (dryland vegetation)** in Northeast Brazil. *Environment, Development and Sustainability*, v. 11, p. 1005–1029, 2009.

RESTLE, J. et al. Produção animal em pastagem com gramíneas de estação quente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1491-1500, 2002.

SANTOS, Patricia Menezes; PRIMAVESI, O.; BERNARDI, AC de C. Adubação de pastagens. **Embrapa Pecuária Sudeste-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2010.

SILVA, L. L. G. G. et al. Comportamento ingestivo diurno de novilhas mestiças em sistema silvipastoril em uma região tropical. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 21, n. 1, p. 15-22, 2013.

SNOECK, Didier; ZAPATA, Federico; DOMENACH, Anne-Marie. Isotopic evidence of the transfer of nitrogen fixed by legumes to coffee trees. **BASE**, 2000.

SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. Espécies selecionadas para arborização das pastagens no estado do Rio de Janeiro. **Pasturas Tropicales**, v. 26, n. 2, p. 31-47, 2004.

SPRENT, J. I.; ARDLEY, J.; JAMES, E. K. Biogeography of nodulated legumes and their nitrogen-fixing symbionts. **New Phytologist**, v. 215, n. 1, p. 40-56, 2017.

ZAR, J.H. (Ed.) **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1984. 662p.

Capítulo 12

VISITANTES FLORAIS DE *Handroanthus serratifolius* (VAHL) S.O.GROSE, EM FRAGMENTO FLORESTAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Tales Junior dos Santos¹, Mônica Taires Rodrigues da Silva¹,
Jaqueline Rocha de Medeiros¹, Alison Moreira da Silva¹,
Leonardo Romig de Oliveira Lima², Emily Soares Gomes da Silva¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Brasil

Autor correspondente: talesjunior1610@gmail.com

Resumo: Informações sobre polinização e visitantes florais, de modo geral, é fragmentada em espécies de importância econômica, assim como em espécies nativas e/ou sem fins comerciais, onde se torna baixa a abrangência de regiões geográficas limitadas. Além, é válido salientar que tais populações de visitantes florais correm risco de desaparecerem, devido às ações de pressão antrópica e das variáveis dos efeitos da degradação ambiental. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo observar os visitantes florais de *Handroanthus serratifolius* na região do município de Simonésia, MG, visando identificar os agentes polinizadores dessa espécie, assim como a importância desses e de *H. serratifolius* no ecossistema. O trabalho foi realizado em trechos de fragmentos florestais, onde foram demarcados 34 parcelas de 25 m². Em cada parcela foi marcado um indivíduo, totalizando 34 indivíduos observados. Os dados foram obtidos com o auxílio de binóculos, fazendo observações focais e quando possível os visitantes florais foram coletados e encaminhados para o laboratório para identificação. Observa-se que os insetos representam 86,3% de todos os visitantes registrados, distribuindo-se em 16 gêneros e 03 (três) ordens, sendo *Aguna* e *Urbanus* os gêneros com maior número de visitas. A área 03 apresentou 50,2% do total de visitantes, o que denota a importância da preservação de remanescentes florestais preservados.

Palavras chave: Conservação ambiental; Espécies florestais; Polinizadores.

FLOWER VISITORS OF *Handroanthus serratifolius* (VAHL) S.O.GROSE, FOREST FRAGMENT IN THE STATE OF MINAS GERAIS

Abstract: Information on pollination and floral visitors is generally fragmented into species of economic importance, as well as native and / or non-commercial species, where the range of limited geographic regions becomes low. In addition, it is worth noting that such floral visitor populations are at risk of disappearing due to anthropogenic pressure actions and environmental degradation effects variables. Thus, the work aimed to observe the floral visitors of *Handroanthus serratifolius* in the region of Simonésia, MG, aiming to identify the pollinating agents of this species, as well as the importance of these and *H. serratifolius* in the ecosystem. The work was carried out in sections of forest fragments, where 34 plots of 25 m² were demarcated. In each plot was marked an individual, totaling 34 individuals observed. The data were obtained with binoculars, making focal observations and when possible floral visitors were collected and sent to the laboratory for identification. Insects represent 86.3% of all registered visitors, distributed in 16 genera and 03 (three) orders, with *Aguna* and *Urbanus* being the genera with the highest number of visits. Area 03 presented 50.2% of the total number of visitors, which indicates the importance of preservation of preserved forest remnants.

Keywords: Environmental Conservation; Forest species; Pollinators.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O.Grose, popularmente conhecida como ipê-amarelo, ipê-pardo, tamurá-tuíra, ipê-do-cerrado, opa, piúva-amarela, entre outros, pertence à família Bignoniaceae é uma espécie vegetal arbórea, sendo encontrada em, praticamente, toda a extensão do território nacional (LORENZI, 1992). *H. serratifolius* é caracterizada como heliófita, decídua, caducifólia (onde há a renovação anual de folhas); está presente em florestas pluviais densas e, também, em formações secundárias; planta decídua, onde os hábitos de vida são mais presentes em ambientes de solos com alta taxa de drenagem, situados às encostas (LORENZI, 1992).

Seus frutos alcançam o estágio de maturação entre os meses de Outubro a Dezembro, com alta produção de sementes aladas e leves, sendo dispersas de maneira rápida (LORENZI, 1992). Sua distribuição, de acordo com Carvalho (1994), está presente em alguns países do continente Americano, como a Bolívia, Brasil, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname, e Venezuela.

A respeito da importância de espécies vegetais, conforme Klein *et al.* (2003), e Chacoff e Aizen (2006), na diversidade e abundância dos visitantes florais, percebe-se uma maior atenção nos últimos anos. Tal fato, de acordo com os mesmos autores, deve-se à sua relevância em ecossistemas naturais e de plantio agrícola, da compreensão do eixo ecológico nas interações dos animais com as espécies vegetais e, fundamentalmente, da importância nas ações de desenvolvimento sustentável.

Com os avanços da prática de cultivos agrícolas, como a devastação e ocupação indevida de áreas verdes, encontram-se os efeitos da mesma, sendo os mais notórios a fragmentação e diminuição do habitat natural, ocasionando, direta e indiretamente a perda da biodiversidade, onde se incluem os visitantes florais (DEBINSKY e HOLT 2000; CRESSWELL e OSBORNE 2004).

É notório salientar que, com a fragmentação florestal, populações de visitantes florais e, eventuais polinizadores, podem ser isoladas dessas áreas, o que impede o fluxo entre os mesmos. Conforme Chacoff e Aizen (2006), ainda é válido ressaltar que esses recursos florestais estão intrinsicamente relacionados à manutenção e equilíbrio da ação dos visitantes florais com o ecossistema. Logo, essa dependência simbiótica reflete na prevalência desses animais que, também, são responsáveis pela polinização de cultivos agrícolas.

Informações sobre polinização e visitantes florais, de modo geral, é fragmentada em espécies de importância econômica, assim como em espécies nativas e/ou sem fins comerciais, onde se torna baixa a abrangência de regiões geográficas limitadas (ROUBIK, 1995; KEVAN, 1999). Além, é válido salientar que tais populações de visitantes florais correm risco de desaparecerem, devido às ações de pressão antrópica e das variáveis dos efeitos da degradação ambiental. Ainda que sejam encontradas espécies de visitantes florais/polinizadores com hábitos generalistas, enquanto aos recursos alimentares, há a importância de que estes estejam próximos a recursos florestais seguros, onde possam obter condições e recursos não alimentares e locais de nidificação, exercendo seu nicho ecológico (CHACOFF e AIZEN, 2006).

O presente trabalho teve como objetivo observar os visitantes florais de *H. serratifolius* na região do município de Simonésia, MG, situado na Microrregião Zona da Mata Mineira, visando identificar os agentes polinizadores dessa espécie, assim como a importância desses e de *H. serratifolius* no ecossistema.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os indivíduos avaliados, nesse trabalho, foram encontrados em trechos de fragmentos florestais, situados no município de Simonésia, leste de MG, na Microrregião de Manhuaçu, Zona da Mata Mineira (BRASIL CHANNEL, 2001). As observações foram feitas em parcelas de 25 m², escolhidas aleatoriamente, evitando tendenciosidade nas marcações, totalizando 34 parcelas,

sendo marcadas como Parcela 01, Parcela 02... Parcela 34. Dentre essas parcelas, observou-se a presença de indivíduos de *H. serratifolius*, que estivessem floridos, onde foram feitas as observações de visitantes florais. Foi marcado 01 (um) indivíduo de *H. serratifolius* em cada parcela, totalizando assim, 34 indivíduos, sendo 11 indivíduos nas parcelas da Área 01, 05 indivíduos nas parcelas da Área 02, e 13 indivíduos nas parcelas da Área 03 (Tabela 1).

Os dados foram obtidos, além da verificação quanto à presença ou ausência de visitantes florais, em 25 dias não consecutivos, sendo as amostras colhidas durante o período de 07:00h às 17:00h, o que totalizou 250 horas de coleta de dados em campo.

A frequência de visitas por polinizadores foi feita através da utilização de binóculos, fazendo observações focais, onde observou-se a frequência de visitas, o comportamento de visitas e as preferências florais dos animais (flores jovens, flores maduras, altura e disposição das flores). Além, fez-se a coleta de flores, utilizando-se podão e tesoura de coleta e, para os visitantes, a coleta foi feita com o auxílio de puçá. Conforme Pinheiro e Sazima (2007), os visitantes florais foram considerados e registrados quando esses entravam em contato com as estruturas reprodutivas das flores, em suas visitas.

As análises da frequência dos visitantes florais seguiu a metodologia utilizada conforme Kiill, Haji e Lima (2000), onde os visitantes que representaram mais de 10% do total de visitas receberam “nota” A; visitantes que representaram de 07% a 10% do total de visitas receberam “nota” B; e, visitantes que representaram menos de 07% do total de visitas receberam “nota” C.

Tabela 1. Localização e número das parcelas, e tamanho das áreas

Local	Área estimada (há)	Parcelas
Área 01	09	01 a 11(11)
Área 02	06	12 a 16 (05)
Área 03	23	17 a 34 (13)
Total	38	29

Fonte: Autores (2020).

Alguns visitantes florais observados foram capturados, conforme mencionado, com o auxílio de um puçá (quando insetos), e esses foram levados ao laboratório para visualização em microscópio estereoscópico, para futura análise e identificação de ordem/família/gênero/espécie (quando possível) dos mesmos.

Realizou-se a contagem e identificação dos visitantes florais, além de se constatar as preferências de visitação de cada espécie.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os visitantes florais, foram registradas 19 espécies, em ambas as áreas de estudo, sendo estas, três espécies de da ordem Apodiformes, uma espécie da ordem Coleoptera, oito espécies da ordem Hymenoptera e sete espécies da ordem Lepidoptera (Tabela 2), sendo que apenas os gêneros *Xylocopa*, *Trigona*, *Timochreon* e *Lerema* não ocorreram em todas as áreas. Kiill, Haji e Lima (2000) mostraram que 84,6 % do total de espécies visitantes foram de insetos; dados semelhantes foram encontrados no presente estudo (86,3% das espécies de visitantes foram insetos).

Os insetos representaram 86,3% de todos os visitantes registrados, distribuindo-se em 16 gêneros e 03 (três) ordens. As aves representaram 13,7% de todos os visitantes, distribuindo-se em 03 (três) gêneros e apenas 01 (uma) ordem. Kiill, Haji e Lima (2000) encontraram, de modo geral, que abelhas participaram como agentes polinizadores de 83,3% das espécies de árvores avaliadas, o que retrata como esses himenópteros desempenham importante ação na polinização das plantas avaliadas. O presente estudo demonstrou que, nessa análise, Himenópteros foram responsáveis por 38,1% das visitas.

Aguna e *Urbanus* foram os gêneros com maior número de visitas (acima de 10% do total), sendo assim, foi atribuída nota A, a esses gêneros. *Agelaia* e *Ascia* apresentaram 7,3% e 8,1% do total de visitas, respectivamente, sendo atribuída nota B, a ambos. Aos demais gêneros (15) foi atribuída nota C. Gamito e Malerbo-Souza (2006) encontraram *Apis mellifera* sendo o inseto mais frequentes em algumas variedades de laranjeiras. Os mesmos autores constataram que as mesmas plantas que receberam mais visitas de abelhas produziram mais. Tal fato demonstra a importância dos visitantes florais/polinizadores quanto à qualidade e quantidade de frutos formados.

A área 03 apresentou 50,2% do total de visitantes, o que denota a importância da preservação de remanescentes florestais preservados, sendo que a mesma ocupa uma área de 23ha, e assim, consegue manter um equilíbrio ecológico maior, consequentemente atraindo mais espécies de polinizadores e visitantes florais que as outras áreas de estudo. A área 02 apresentou 31,9% do total de visitantes florais, sendo a segunda maior área avaliada. A área 01 apresentou 17,8% do total dos visitantes florais, sendo a menor área avaliada.

Tabela 2. Diversidade e registros de visitantes florais em cada área de estudo

Visitantes florais	Ordem	Nº de visitantes florais		
		Área 01	Área 02	Área 03
<i>Amazilia versicolor</i>	Apodiformes	02	06	16
<i>Phaethornis pretrei</i>	Apodiformes	02	12	09
<i>Eupetomena macroura</i>	Apodiformes	00	11	04
<i>Cyclocephala</i> sp.	Coleoptera	01	09	07
<i>Pseudomyrmex</i> sp.	Hymenoptera	06	03	12
<i>Solenopsis</i> sp.	Hymenoptera	03	03	16
<i>Trigona fulviventrís</i> G.	Hymenoptera	04	03	12
<i>Agelaia vicina</i>	Hymenoptera	11	14	08
<i>Augochloropsis</i> sp.	Hymenoptera	05	07	04
<i>Xylocopa</i> sp.	Hymenoptera	00	09	09
<i>Apis mellifera</i> L.	Hymenoptera	05	12	12
<i>Trigona spinipes</i>	Hymenoptera	00	06	09
<i>Aguna</i> sp.	Lepidoptera	12	15	25
<i>Pyrgus orcus</i>	Lepidoptera	07	10	13
<i>Timochreon doria</i>	Lepidoptera	09	00	04
<i>Urbanus</i> sp.	Lepidoptera	05	12	33
<i>Lerema</i> sp.	Lepidoptera	00	02	08
<i>Eurema</i> sp.	Lepidoptera	04	02	04
<i>Ascia</i> sp.	Lepidoptera	05	09	23
Total		81	145	228

Fonte: Autores (2020).

Um fator que pode ter contribuído com a divergência dos resultados entre as áreas, além do tamanho das mesmas, pode ser a proximidade em que elas estão à outras áreas florestais. A cerca de 04 (quatro) km das Áreas 02 e 03 há a presença de fragmentos florestais, ambientes importantes quanto à nidificação de flora e fauna; o que não ocorre com a área 01, onde a presença de remanescentes florestais vizinhos é mais dispersa, o que pode ter contribuído para tanto. Trevizor (2014) encontrou tal fato no caso de plantios de café, onde constatou que a proximidade de uma área à florestas nativas faz com que existam recursos aos polinizadores/visitantes florais quando esses não são encontrados nas culturas, além de locais de nidificação e suporte à construção de ninhos.

Na área 03, todas as espécies de visitantes registrados nas demais áreas, foram encontradas; muitas vezes, em maior abundância que as demais (Tabela 2). Na área 01 não observou-se a ocorrência de *Eupetomena macroura*, *Xylocopa* sp., *Trigona spinipes*, e *Lerema* sp. Na área 02, assim como na área 01 observou-se a ocorrência de todas as espécies registradas.

Quanto aos horários de visita, observou-se que, nas áreas 02 e 03, a frequência de visitantes florais foi maior na parte da manhã e tarde. O pico de visitas para a Área 03 se deu às 07:00h (36

registros), decaindo ao longo das horas até às 11:00h (12 registros), onde se notou uma média de visitas mais homogênea até às 13:00h (12,3 visitas/hora); após, a frequência aumentou, chegando a 27 registros às 16:00h e, 25 registros às 17:00h. O pico de visitas na Área 02 se deu, também, às 07:00h (23 registros), decaindo até às 10:00h (08 registros) e, mantendo-se homogeneamente próximo até às 15:00h (9,6 visitas/hora); após, a frequência também aumentou, chegando a 18 registros às 16:00h e, 17 registros às 17:00h (Gráfico 01).

Gamito e Malerbo-Souza (2006), relataram a visita de *Trigona spinipes* e *Trigona angustula* aumentando até às 13:00h, e diminuindo, em seguida. Para a coleta de néctar e pólen, essas duas abelhas visitaram as plantas apenas entre o período entre 11:00h e 14:00h, onde o pico de frequência se deu às 13:00h. Na Área 01 houve divergência quanto aos horários de pico de visitas, comparando-a às Áreas 02 e 03. Às 11:00h foi registrado o pico de visitas (14 registros); às 07:00h, registrou-se 08 visitas, e às 17:00h registrou-se 06 visitas. Nas demais horas analisadas, notou-se maior homogeneidade quanto à média de visitas/hora; e, a média geral da área, foi de 6,75 visitas/hora (Gráfico 01).

Gráfico 1. Número de visitas às flores de *H. serratifolius* ao decorrer do dia (horas)

Fonte: Autores (2020).

4. CONCLUSÃO

As áreas analisadas nesse estudo evidenciam que a proximidade com outros remanescentes florestais propõem uma maior dinâmica entre as populações de animais e vegetais do ecossistema. *H. serratifolius* é uma espécie amplamente visitada por insetos e aves que, a usam como fonte de alimento (enquanto partes reprodutivas).

Tal dependência pode exemplificar de quanto importante é a correta e segura manutenção da espécie para com o meio ao qual ela está inserida. Por ser uma espécie de ampla distribuição geográfica, sua importância também é notória quanto à identidade da fitofisionomia de ecossistemas florestais brasileiros.

Aguna sp. e *Urbanus* sp. foram as espécies mais frequentes nas flores do ipê-amarelo.

Também foi notória a presença de espécies de beija-flor fazendo visitas às flores. Os horários de pico de visitas foram na parte da manhã e tarde, para as Áreas 02 e 03. Para a Área 01, o horário de pico de visitas se deu durante o período do meio do dia.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**-recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A. 2006. **Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest**. Journal of Applied Ecology 43: 18–27. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2664.2005.01116.x>. Acesso em: 17 de ago. de 2018.
- CRESSWELL, J. E.; OSBORNE, J. L. 2004. **The effect of patch size and separation on bumblebee foraging in oilseed rape: implications for gene flow**. Journal of Applied Ecology 41: 539–546. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.0021-8901.2004.00912.x>. Acesso em: 17 de ago. de 2018.
- DEBINSKY, D. M.; HOLT, R. D. 2000. **A survey and overview of habitat fragmentation experiments**. Conservation Biology 14: 342–355.
- GAMITO, L. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. Visitantes florais e produção de frutos em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). Acta Scientiarum. **Animal Sciences** [en linea]. 2006, 28(4), 483–488[fecha de Consulta 15 de Septiembre de 2019]. ISSN: 1806-2636. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126485015>. Acesso em: 02 de jan. de 2019.
- KEVAN, P. G. 1999. **Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity**. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 373–393. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/222480899_Pollinators_as_bioindicators_of_the_state_of_the_environment_Species_activity_and_diversity. Acesso em: 12 de dez. de 2018.
- KIILL, L. H. P.; HAJI, F. N. P.; LIMA, P. C. F. **Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas**. Scientia Agrícola, v.57, n.3, p.575-580, jul./set. 2000. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/134375/1/ScientiaAgricolaV.57n.3p.5755802000.pdf>. Acesso em: 03 de nov. de 2018.
- KLEIN, A. M.; I. Steffan-Dewenter & T. Tschardtke. 2003. **Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management**. Journal of Applied Ecology 40: 837–845. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1365-2664.2003.00847.x>. Acesso em: 17 de ago. de 2018.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Plantarum, 1992. 367 p.
- PINHEIRO, M.; SAZIMA, M. **Visitantes florais e polinizadores de seis espécies arbóreas de Leguminosae melitófilas na Mata Atlântica no Sudeste do Brasil**. Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 447-449, jul. 2007. Disponível em: <https://www2.ib.unicamp.br/profs/cjoly/0%20-%20Produ%e7%e3o%20Tematico/4%20-%20Publica%e7%f5es/2007/Pinheiro%20&%20Sazima%202007.pdf>. Acesso em: 03 de nov de 2018.

ROUBIK, D. W. 1995. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. FAO Agricultural Services Bulletin, V. 118. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 198 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-v5040e.pdf>. Acesso em: 17 de ago. de 2018.

TREVIZOR, A. M. H. **Influência da área de reserva legal sobre a biologia da polinização de *Solanum lycopersicum* L. Híbrido Pizzadoro (Solanaceae)**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Meio Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos. Araras, p. 34. 2014.

Capítulo 13

DIAGNÓSTICO QUALITATIVO E QUANTITATIVO DE PRAÇAS URBANAS EM DIVINÓPOLIS, MINAS GERAIS

*Emilly Soares Gomes da Silva¹, Paula de Souza Marvila², Mônica Taires Rodrigues da Silva¹,
Álison Moreira da Silva¹, Tales Junior Dos Santos¹, Jaqueline Rocha de Medeiros¹*

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG), Brasil

Autor correspondente: emillysoaresgomes@gmail.com

Resumo: A arborização vem sendo cada vez mais explorada, no intuito de promover levantamentos que abordem a real situação das espécies inseridas em locais públicos. Esses levantamentos são possíveis através do inventário, que gera um diagnóstico quantitativo e qualitativo sobre as espécies e o local de sua inserção, contribuindo para definir métodos de manutenção quando necessários. Desse modo, o trabalho teve por objetivo, promover um diagnóstico quantitativo e qualitativo da arborização urbana das praças urbanas de Divinópolis, Minas Gerais. Os dados foram coletados aplicando-se uma amostragem casual simples, onde foram selecionadas três praças, sendo as praças Benedito Valadares, praça da Bíblia e praça do Condomínio Belvedere, analisadas através de um formulário, onde continha todas as informações sobre as espécies e as características do local de inserção, sendo as análises realizadas com o auxílio da trena e fita. Com os resultados, foi possível analisar que a praça Benedito Valadares apresentou um maior número de espécies, sendo 53,33% do total de indivíduos. As praças do Santuário e da Bíblia apresentaram predominância de espécies exóticas, sendo 67 indivíduos representando 63,81% total de indivíduos. Referente as características do local de inserção das espécies, foi possível constatar que as raízes das árvores romperam o calçamento local. Conflitos com a fiação elétrica também foram observados, estando 20% dos indivíduos com esse tipo de problema. Problemas de injúrias estão presentes nas espécies, sendo provenientes de ações humanas e podas irregulares. Com isso, conclui-se que apesar de Divinópolis, possuir uma variedade de indivíduos em três das suas principais praças, ainda existe descaso em relação a arborização da cidade. Recomenda-se uma participação ativa do poder público, a fim de promover manutenções que contribuam com a qualidade da arborização, promovendo também a educação ambiental junto da população, com o intuito de criar uma sociedade mais sustentável, saudável e responsável.

Palavras chave: Inventário; Arborização; Amostragem; Diversidade.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE DIAGNOSIS OF URBAN SQUARES IN DIVINÓPOLIS, MINAS GERAIS

Abstract: The afforestation has been increasingly explored in order to promote surveys that address the real situation of species inserted in public places. These surveys are possible through the inventory, which generates a quantitative and qualitative diagnosis about the species and the place of their insertion, contributing to define maintenance methods when necessary. Thus, the work aimed to promote a quantitative and qualitative diagnosis of urban afforestation in the urban squares of Divinópolis, Minas Gerais. The data were collected by applying a simple casual sampling, where three squares were selected, being the squares Benedito Valadares, Biblia square and Belvedere Condominio square, analyzed through a form, which contained all information about species and characteristics insertion place, being the analyzes performed with the aid of the tape measure and tape. With the results, it was possible to analyze that the Benedito Valadares square presented a larger number of species, being 53.33% of the total individuals. Benedito Valadares and Biblia squares had predominance of exotic species, with 67 individuals representing 63.81% of individuals. Regarding the characteristics of the insertion place of the species, it was found that the roots of the trees broke the local pavement. Conflicts with electrical wiring were also observed, with 20% of individuals with this type of problem. Problems of injuries are presents in species, coming from human actions and irregular pruning. Thus, it can be concluded that although Divinópolis has a variety of individuals in three of its main squares, there is still disregard for the afforestation of the city. Active participation by the public power is recommended in order to promote maintenance that contributes to the quality of afforestation, as well as promoting environmental education among the population, in order to create a more sustainable, healthy and responsible society.

Keywords: Inventory; Afforestation; Sampling; Diversity.

1. INTRODUÇÃO

As áreas de vegetação nativa deram espaço ao crescimento vertical e horizontal das cidades para suprir as necessidades da população, com a presença de edificações, obras de infraestrutura e ambientes de recreação (TONETTI, 2011). Porém, a implantação de árvores e o manejo da vegetação existente não acompanharam o crescimento urbano.

A relação entre o meio urbano e a arborização é benéfico para as cidades, uma vez que a cobertura vegetal é responsável pelo conforto visual e térmico. Ao mesmo tempo em que possibilita o embelezamento de determinado local, ela proporciona temperaturas mais amenas e melhor qualidade do ar. Além desse fato, a vegetação é a grande facilitadora da infiltração de águas pluviais no solo, evitando desastres como enchentes e erosões, através da preservação do solo, de modo que impede o acúmulo de água nas vias e o carregamento da camada superficial pelas chuvas (COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS, 2011).

Contudo, para que sejam obtidos resultados positivos, não basta, apenas, executar um projeto de arborização urbana. É necessário tomar algumas medidas práticas quanto à avaliação das árvores que compõem a camada verde do meio. Tais medidas dizem respeito à poda regular, distância das árvores com relação à postes e meio fio, afastamento de imóveis, situação da rede elétrica, entre outros.

Essas ações fazem parte do processo conhecido como inventário, que tem como finalidade, promover o conhecimento quantitativo e qualitativo do patrimônio arbóreo, identificando assim, as atuais condições das espécies arbóreas e as necessidades de manejo (FERREIRA et al., 2016).

Entretanto, apesar dos métodos existentes que contribuem com a formulação de políticas de conservação, desenvolvimento e uso dos recursos florestais, ainda há uma falha muito grande do poder público em relação ao plano de arborização, uma vez que, quando não estruturado de maneira correta, tende a prejudicar mais do que beneficiar, gerando prejuízos ao local onde as espécies estão inseridas e a população, que se ausenta em meio as questões ambientais devido à falta de conhecimento técnico.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar por meio de um inventário, as condições quantitativas e qualitativas das praças urbanas de Divinópolis, Minas Gerais, a fim de proporcionar um diagnóstico final sobre a situação em que as praças analisadas se apresentam.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

Os estudos foram realizados nas praças Benedito Valadares (praça do Santuário), praça da Bíblia e praça externa do Condomínio Belvedere, localizadas em Divinópolis, Minas Gerais. O município conta com uma população de 235.977 habitantes (IBGE, 2018) e situa-se na mesorregião do Oeste de Minas, caracterizado pelo clima tropical (Koppen e Geiger, 1928), o que lhe confere invernos secos e verões chuvoso, com temperatura média anual de 16°C e média mensal em torno de 25°C. Localizado à 724 metros acima do nível do mar, está orientado nas coordenadas 20°08'21"S 44°53'17"W. Além disso, é banhado pelos Rios Pará (bacia do Rio São Francisco) e Itapecerica (afluente do Rio Pará), os quais abastecem a cidade.

A praça Benedito Valadares, popularmente conhecida como praça do Santuário, está situada no centro da cidade, nas coordenadas 20°08'32" S 44°53'24" W, e, dentre as três, é a que possui maior área verde. Está localizada próximo ao Santuário de Santo Antônio, na Avenida Vinte e Um de Abril, nº 807 (FIGURA 1). O local oferece lazer e diversão à população, além de ser ponto para manifestações populares, estando cercada pelo comércio fixo e ambulante.

Figura 1. Mapa referente a Praça Benedito Valadares (Praça do Santuário)

As duas outras praças em estudo, estão próximas entre si e situam-se no bairro Bela Vista, sendo a Avenida Paraná a principal via de acesso à elas e às instituições de ensino superior público como CEFET-MG (Campus V), UEMG (Unidade Divinópolis) e UFSJ (Campus Centro Oeste). A praça da Bíblia é bastante frequentada, pois conta com academia ao ar livre e presença de posto policial móvel, garantindo bem-estar e segurança para os usuários, além de possuir também comércio ambulante ao seu redor, estando situada nas coordenadas 20°10'06" S 44°54'33" W. Já a praça externa do Condomínio Belvedere, orientada nas coordenadas 20°10'08" S 44°54'35" W, possui menor arborização, não apresenta assentos públicos e não é muito frequentada (FIGURA 2).

Figura 2. Mapa referente a Praça da Bíblia e Praça externa do Condomínio Belvedere

2.2 Inventário

O método de inventário utilizado no levantamento deu-se em forma de amostragem casual simples. Para isso, foram sorteadas, aleatoriamente, três praças, sendo elas: Benedito Valadares, Bíblia e externa do Condomínio Belvedere. Em cada uma delas, realizou-se uma avaliação qualitativa e quantitativa das árvores inseridas nos locais de estudo, sendo todos os dados coletados e incluídos em formulário específico, com informações sobre a data de coleta, nomes das praças – ou logradouro – e número de árvores. Quanto às informações sobre as árvores amostradas, foram coletados dados referentes ao nome vulgar, fase de desenvolvimento, fitossanidade, peculiaridades da raiz, necessidade – ou não – de poda, afastamento predial, altura total, altura da primeira bifurcação, diâmetro e situação das copas.

2.3 Avaliações

A diversidade de espécies, e seu desenvolvimento, foram avaliados. Com os dados obtidos, pôde-se analisar a homogeneidade da arborização das praças em estudo. Procurou-se diagnosticar todos os parâmetros que abrangem a qualidade da árvore, considerando também informações sobre o tamanho das mesmas, sendo este realizado de forma visual e aproximada, utilizando, como base, alturas conhecidas, como de postes e casas. Foi realizado também, com o auxílio de uma fita métrica, a mensuração da primeira bifurcação, na qual era feita do solo até o ponto em questão em análise.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação quantitativa

Ao analisar os dados inventariados, foi possível quantificar o número de indivíduos totais, sendo um total de 105 árvores para as três praças avaliadas. A praça Benedito Valadares (Praça do Santuário), apresentou maior ocorrência de indivíduos, representando 53,33% das árvores analisadas, já as demais praças apresentaram menor percentual de indivíduos (TABELA 1).

Tabela 1. Ocorrência de árvores nas praças amostradas

Praça	Nº	(%)
Benedito Valadares (Santuário)	56	53,33
Bíblia	27	25,71
Condomínio Belvedere	22	20,95
Média ± Desvio Padrão	35 ± 14,99	33,33 ± 14,27
Total	105	100,00

Na praça Benedito Valadares, foram analisadas 56 árvores, pertencentes a 12 espécies, sendo a espécie *Archontophoenix cunninghamiana* (Palmeira Real), a que apresentou maior representatividade nas praças analisadas, sendo responsável por 21,43% dos indivíduos observados (TABELA 2).

Tabela 2. Espécies provenientes da Praça Benedito Valadares (Santuário), com os seus devidos nomes vulgares e científicos, quantidade de indivíduos observados e ocorrência (%)

Nome vulgar	Nome científico	Origem	Nº	(%)
Palmeira Real	<i>Archontophoenix cunninghamiana</i>	Austrália	12	21,43
Palmeira Imperial	<i>Roystonea oleracea</i>	Antilhas	8	14,28
Pau Ferro	<i>Caesalpinia ferrea</i> (var. <i>leiostachya</i>)	Brasil	1	1,78
Ipê Roxo	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Brasil	5	8,93
Escova de Garrafa	<i>Callistemon viminalis</i>	Austrália	3	5,36
Pata de Vaca	<i>Bauhinia forficata</i>	Índia e China	2	3,57
Sibipiruna	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Brasil	4	7,14
Palmeira- leque	<i>Trithrinax brasiliensis</i> Mart.	Brasil	3	5,36
Flamboyant	<i>Delonix regia</i>	Madagascar	7	12,5
Amendoeira-da-praia	<i>Terminalia catappa</i> L.	Índia e Nova Guiné	3	5,36
Chuva de ouro	<i>Peltophorum dubium</i>	Sudeste da Ásia	3	5,36
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	América Central	5	8,93
Total	12 espécies	-	56	100

A espécie *Archontophoenix cunninghamiana* (Palmeira Real) foi predominante na praça do Santuário e na praça da Bíblia, com 23 indivíduos que representaram 21,90% do total de indivíduos analisados. A praça externa do condomínio Belvedere não apresenta a espécie abundante as demais praças em estudo, tendo como espécie dominante a *Licania tomentosa* (Oiti), com 9 indivíduos que representaram 8,57% do total de indivíduos.

Segundas recomendações de alguns autores como Milano e Dalcin (2000) e Santamour Júnior (2002), as espécies predominantes que compõem a arborização urbana não devem se apresentar superiores a 10-15% do total de indivíduos da população, isso porque podem apresentar a longo prazo, problemas com a proliferação de pragas, podendo propiciar até mesmo, a morte generalizada dos indivíduos existentes no ambiente.

Sobre a dominância das espécies, foi observado uma maior quantidade de espécies exóticas, sendo 67 indivíduos, representando 63,81% total de indivíduos. Das três praças analisadas, somente a Praça do Condomínio Belvedere apresentou predominância de espécies nativas, sendo 18 indivíduos, representando 17,14% total de indivíduos (TABELA 3).

Tabela 3. Nome científico Ocorrência de espécies exóticas e nativas nas praças amostradas

Praças	Nº	Nº Esp. Exóticas (%)	Nº Esp. Nativas (%)
Benedito Valadares	56	43 - (40,95%)	13 - (12,38%)
Bíblia	27	20 - (19,05%)	7 - (6,67%)
Condomínio Belvedere	22	4 - (3,81%)	18 - (17,14%)
Total	105	63,81%	36,19%

Em um inventário realizado por Santos et al., (2019), em praças públicas em Jequitaiá – MG, 63% dos indivíduos avaliados foram de espécies exóticas. O autor explica, que a importância de se manter espécies exóticas em meio urbano é que elas complementam as espécies nativas existentes nesse ambiente.

Porém, em controvérsia com o autor citado anteriormente, Ziller (2001) afirma que apesar das cidades brasileiras apresentarem maior quantidade de espécies exóticas, para que seja realizado um planejamento adequado de arborização, espécies nativas devem ser priorizadas, pois as espécies exóticas podem ser prejudiciais ao ambiente, provocando a perda da biodiversidade e alteração da paisagem natural.

Em análise dos dados, foi possível constatar também a predominância de árvores com altura entre 5 a 10 m de altura para as três praças inventariadas (FIGURA 1). Essa predominância foi dada devido a presença das espécies *Licania tomentosa* e *Archontophoenix cunninghamiana*, que apresentam porte entre 8 a 20 metros de altura.

Figura 1. Predominância de altura (m) em indivíduos analisados em três praças de Divinópolis- MG

3.2 Avaliação qualitativa

Ao avaliar a qualidade da arborização das praças, foi possível observar aspectos negativos em algumas espécies. Por serem praças arborizadas, os locais estudados se tornam sugestivos para práticas esportivas e de lazer, sendo bem frequentadas pela população local, o que torna ainda mais relevante a avaliação da qualidade dos indivíduos ali inseridos. Nas três praças analisadas, foi possível constatar que algumas espécies que possuem grande desenvolvimento de suas raízes, geraram o rompimento do calçamento local, sendo esse fenômeno explicado por Lorencetti (2018), que afirma que nestes casos, o canteiro ideal para um desenvolvimento adequado da árvore em vias públicas é de pelo menos 1m² de área livre de pavimentação, entretanto, na prática, são utilizados canteiros menores, o que consequentemente acarreta no rompimento de passeios, já que a medida que a árvore vai crescendo, ela vai provocando esse tipo de dano.

Em relação a copa das árvores, do total de indivíduos, pelo menos 20 % entraram em competição com a fiação elétrica. Pelo fato das árvores apresentarem porte entre 5 a 10 metros de altura, o apropriado é que as mesmas sejam inseridas em locais com ausência de fiação aérea e presença de recuo predial, sendo esse último caso citado, seguido de forma eficaz, uma vez que os indivíduos analisados não se encontram em conflito com os prédios no entorno da praça. Souza et al., (2012), observou que 40% dos indivíduos analisados em seu estudo entraram em conflito com a fiação, aderindo essa variável a falta de podas periódicas, já que grande parte dos indivíduos não estavam em conflito com a fiação elétrica. Quando há a ocorrência de conflitos entre a copa e a fiação elétrica, é recomendado que seja realizada podas de contenção, que segundo a classificação Meneghetti (2003), é utilizada para retirar os excessos na parte superior da árvore, visando impedir esse tipo de conflito e o crescimento lateral excessivo das copas.

Foi analisado nos indivíduos se havia alguma presença de vandalismo, sendo esse fenômeno caracterizado por ações humanas que sejam prejudiciais para a árvore (fios enrolados, pregos ou qualquer material que perfure ou corte o indivíduo, pinturas no caule, anelamento, acúmulo de lixo na parte basal e entre outros), locais danificados por ferramentas de poda, danos por doenças ou insetos, além de locais onde a árvore apresentava quebras, tendo como resultado, todos os indivíduos em estudo vandalizados, ou seja, todas as árvores apresentaram injúrias por algum dos fatores citados. Em estudo realizado por Santos et al., (2015), foi observado que 36% dos indivíduos avaliados apresentavam injúrias, sendo o fenômeno causado por ações da população. O autor ressalta ainda que há a necessidade de se incluir planos de educação ambiental nos programas de arborização urbana, a fim de incorporar a população em ações de implantação e manutenção da arborização na cidade.

4. CONCLUSÃO

Com o presente trabalho foi possível concluir que a arborização de Divinópolis apresenta uma variedade de indivíduos considerável em três das suas principais praças, mas que o alto número de espécies exóticas deixa eminente, a falta de interesse na conservação da flora regional.

A baixa diversidade de espécies nativas favorece a propagação de pragas e doenças, sendo recomendado a inserção de indivíduos nativos no planejamento de arborização, promovendo então seu enriquecimento.

Propõe-se que o poder público participe de maneira ativa do planejamento de arborização urbana a fim de corrigir problemas encontrados, visando a proteção dos indivíduos inseridos nas praças, propiciando uma arborização de qualidade não só para a população, mas, para as próprias espécies.

Propõe-se ainda, atividades sobre educação ambiental que envolvam a população, isso, com o intuito de criar uma sociedade mais sustentável, saudável e responsável.

REFERÊNCIAS

- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização**. Belo Horizonte: Cemig / Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p. : ilustr.
- FERREIRA, J.T.P.; FERREIRA, E.P.; SILVA, M.B.; PETRAUSKAS, F.J.S.B.; TEOTONIO, F.B. Inventário e diagnóstico da arborização urbana do município de Piranhas - AL. **Centro Científico Conhecer**. Goiânia, v.3, n.06, p. 25, 2016.
- LORENCETTI, G.A.T. Plano Municipal de arborização urbana – Bom Sucesso do Sul. **Ministério Público do Paraná**, 2018. Disponível em: <http://www.meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/Plano_de_Arborizacao_Urbana_de_Bom_Sucesso_do_Sul.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2019.
- MENEGHETTI, G. I. P. **Estudos de dois métodos de amostragem para inventário de arborização de ruas dos bairros da orla marítima do município de Santos – SP**. 2003. 100p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior Agrícola “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.
- MILANO, M.S.; DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Fundação Parques e Jardins: Prefeitura do Rio: Light, 2000. 206p.
- SANTAMOUR JÚNIOR, F. S. Trees for urban planting: diversity uniformity, and common sense. **Agriculture Research Service**. Washington: U. S. National Arboretum, 2002. 66p.

SANTOS, C.Z.A.; FERREIRA, R.A.; SANTOS, L.F.; SANTOS, L.I.; GOMES, S.H.; GRAÇA, D.A.S. Análise qualitativa da arborização urbana de 25 vias públicas da cidade de Aracaju - SE. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.25, n.3, p. 751-763, 2015.

SANTOS, G.R.; FONSECA, R.S.; GONÇALVES, C.B. Arborização urbana em Jequitaiá – MG: Atributos funcionais e diversidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Curitiba, v.14, n.1, p. 01-13, 2019.

SOUZA, C.S.; DODONOV, P.; CORTEZ, P.B. Diversidade, fitossanidade e adequação da arborização ao ambiente urbano em um bairro na cidade de Ourinhos, SP, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba, v.7, n.4, p. 77-89, 2012.

TONETTI, E.L. **Potencialidades de adensamento populacional por verticalização das edificações e qualidade ambiental urbana no município de Paranaguá, Paraná, Brasil**. 2011. 235 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas invasoras. **Revista Ciência Hoje**. Rio de Janeiro, v.30, n.178, p. 77-79, 2001.

Capítulo 14

ACOMPANHAMENTO DO PADRÃO FENOLÓGICO DE *Paratecoma peroba* (Record & Mell) Kuhl NO PERÍODO 2016-2018

Lucas Batista Vargas¹, Lucas Netto dos Santos¹, Samyra de Araújo Capetini¹,
Karla Maria Pedra de Abreu¹

¹ Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus de Alegre, Brasil
Autor correspondente: lucasifes1@gmail.com

Resumo: Estudos fenológicos são importantes para conhecer o comportamento dos indivíduos. O objetivo do trabalho foi estudar o padrão fenológico de *Paratecoma peroba* em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizado em Alegre - ES e desse modo, obter resultados que possam servir para ajudar na conservação, manejo e reprodução dessa espécie. Foram realizadas expedições no fragmento florestal para realizar as observações fenológicas de 20 indivíduos de *P. peroba* a cada 15/30 dias entre outubro de 2016 e maio de 2018. O acompanhamento foi realizado com o auxílio de um binóculo, máquina fotográfica e caderneta para anotações das fenofases. Foram descritas seis fenofases para a espécie em estudo, sendo três fenofases reprodutivas e três relacionadas à mudança foliar. Os resultados fenológicos foram analisados com representação baseada em métodos diretos semi-quantitativo e qualitativo nominal. De modo geral a espécie demonstrou alta sincronia nos padrões fenológicos e êxito na descrição dos mesmos servindo como base para futuros estudos com a espécie. O fato de não ter sido observado nenhum indivíduo de *P. peroba* em fase reprodutiva no período de estudo pode ser um alerta ao comportamento dos indivíduos como uma possível resposta ao desequilíbrio ecossistêmico da área estudada.

Palavras chave: Fournier; Eventos Reprodutivos; Mudança Foliar; Conservação.

MONITORING OF THE *Paratecoma peroba* (Record & Mell) Kuhl PHENOLOGICAL PATTERN IN THE PERIOD 2016-2018

Abstract: Phenological studies are important to know the behavior of individuals. The objective of this work was to study the phenological pattern of *Paratecoma peroba* in a fragment of Seasonal Semideciduous Forest located in Alegre - ES and, to obtain results that may help in the conservation, management and reproduction of this species. Expeditions were made in the forest fragment to carry out the phenological observations of 20 *P. peroba* individuals every 15/30 days between October 2016 and May 2018. The monitoring was carried out with the aid of a binocular, camera and notebook. Six phenophases were described for the species under study, being three reproductive phenophases and three related to leaf change. Phenological results were analyzed with representation based on direct semi-quantitative and qualitative nominal methods. In general, the species showed high synchrony in phenological patterns and success in describing them, serving as a basis for future studies with the species. The fact that no individuals of *P. peroba* in the reproductive phase were observed during the study period can be an alert to the behavior of the individuals as a possible response to the ecosystem imbalance of the studied area.

Keywords: Conservation; Fournier; Leaf change; Reproductive events.

1. INTRODUÇÃO

A fenologia é o estudo de ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação às forças seletivas bióticas e abióticas. Através deste estudo permite-se avaliar a inter-relação entre as fases caracterizadas por esses eventos biológicos (TALORA; MORELLATO, 2000).

Os eventos reprodutivos nas plantas são determinantes para o sucesso de uma população ao assegurar a sobrevivência e o estabelecimento dos indivíduos jovens (FERRAZ et al. 1999). Sabendo-se que a biota da Mata Atlântica, apesar de extremamente diversificada, vem sendo apontada como uma das áreas de maior prioridade para a conservação biológica no mundo (CUNHA; GUEDES, 2013), estudos fenológicos podem auxiliar na compreensão do comportamento das espécies em resposta a alterações no ambiente, sendo de extrema importância para a conservação e manejo da biodiversidade vegetal (FREITAS et al., 2013).

Na Floresta Estacional Semidecidual (FES) da região sul do Espírito Santo destaca-se a espécie *Paratecoma peroba* (Record & Mell) Kuhlmann, uma espécie florestal nativa de grande interesse econômico e ecológico que está em risco de extinção devido ao seu alto potencial madeireiro. O presente trabalho teve como objetivo estudar o padrão fenológico de *Paratecoma peroba* em um fragmento de FES localizado em Alegre - ES e desse modo, obter resultados que possam servir para ajudar na conservação, manejo e reprodução dessa espécie.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no fragmento de FES situado no Polo de Educação Ambiental do Ifes Campus de Alegre. Foi feita a observação da espécie *P. peroba* numa área do fragmento que contém 10 parcelas de 20 m x 20 m (400 m²) e estão distribuídas sistematicamente a cada 200 m (PASCHOA, 2016). Nessa área foram demarcados 113 indivíduos da espécie *P. peroba*, sendo selecionados 20 indivíduos para acompanhamento fenológico (Figura 1).

Figura 1. Localização dos indivíduos na área de estudo

Fonte: Autores (2020).

O período do estudo se deu entre outubro de 2016 e maio de 2018, com expedições quinzenais/mensais no período diurno. O acompanhamento foi realizado com o auxílio de um binóculo, máquina fotográfica e caderneta para anotações das fenofases. Foram descritas seis fenofases para a espécie em estudo, sendo três fenofases reprodutivas e três relacionadas à mudança foliar (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das fenofases de *Paratecoma peroba* no fragmento de FES Alegre – ES

Fenofase	Código	Descrição dos eventos
Reprodução		
Botões Florais	BotF	Nenhuma flor em antese.
Fruto Imaturo	FruI	Fruto em estágio inicial de desenvolvimento com coloração verde.
Fruto Maduro	FruM	Fruto em estágio avançado de desenvolvimento com coloração marrom-escuro.
Mudança Foliar		
Sem folhas	SF	Copa totalmente sem folhas.
Brotação	Brot	Pequenas folhas de coloração vermelha até folhas novas de coloração verde-claro.
Folhas Maduras	FM	Folhas com coloração verde-escuro.

Fonte: Adaptado de Engel (2001); Lins (2010).

Os resultados foram analisados pela metodologia proposta por Bencke e Morellato (2002a; 2002b) com representação dos dados fenológicos baseados em métodos diretos semi-quantitativo e qualitativo nominal (ou porcentagem de atividade dos indivíduos):

- Semi-quantitativo – sugerido por Fournier (1974) visa estimar o percentual de intensidade de cada fenofase, através de uma escala constituída por cinco categorias (0 a 4), com intervalos de 25% entre cada uma delas (Tabela 2).

Tabela 2. Escala percentual de intensidade das fenofases.

Escala de Fournier	
Categorias	Descrição
0	Ausência de fenofase
1	Presença de fenofase com magnitude entre 1% e 25%
2	Presença de fenofase com magnitude entre 26% e 50%
3	Presença de fenofase com magnitude entre 51% e 75%
4	Presença de fenofase com magnitude entre 76% e 100%

Fonte: Fournier (1974).

- Porcentagem de atividade dos indivíduos – proposto por Bencke e Morellato (2002b) para verificar a sincronia dos eventos fenológicos sendo classificados em: assincrônico: 0-20% de indivíduos que manifestam a fenofase; pouco sincrônico: quando 21-60% de indivíduos manifestam a fenofase; e alta sincronia: quando 61-100% de indivíduos manifestam a fenofase.

Para determinar o percentual de intensidade de Fournier utilizou-se a equação:

$$\%deFournier = \frac{\sum Fournier}{4N} \times 100 \quad (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao todo foram realizadas 30 expedições a campo para observação fenológica dos indivíduos de *P. peroba* durante outubro de 2016 e maio de 2018 (Tabela 3). Durante todo o período de acompanhamento fenológico não foi encontrado nenhum indivíduo com botões florais. Fato também constatado por Lins e Nascimento (2010) em estudo onde não houve fase reprodutiva entre os anos de 2006, 2007 e 2008. Por ser uma espécie classificada como supra anual, é algo que pode acontecer.

Tabela 3. Observações fenológicas dos indivíduos por mês

Mês	SF	Brot	FM	BotF	Frul	FruM
Outubro de 2016			X			
Novembro de 2016		X				
Dezembro de 2016		X	X			
Janeiro de 2017		X	X			
Fevereiro de 2017		X				
Março de 2017		X				
Abril de 2017		X	X			
Maio de 2017		X	X			
Junho de 2017		X	X			
Julho de 2017	X	X				
Agosto de 2017	X	X				
Setembro de 2017	X	X				
Outubro de 2017	X	X	X			
Novembro de 2017	X	X	X			
Dezembro de 2017	X	X	X			
Janeiro de 2018	X	X	X			
Fevereiro de 2018	X	X	X			
Março de 2018	X	X	X			
Abril de 2018	X	X				
Maio de 2018		X	X			

Fonte: Autores (2020).

A floração de *P. peroba* é determinada como estratégia de “big bang” (GENTRY, 1974), tendo um padrão tropical, onde depende do comportamento dos polinizadores, que são atraídos pela fonte de néctar. A espécie estudada é caracterizada como decídua, apresentando periodicidade de floração supra-anual (LINS; NASCIMENTO, 2010), florescendo durante os meses de setembro-novembro com maturação dos frutos em setembro-outubro (LORENZI, 2002) (Figura 2).

A figura 3 representa o comportamento fenológico observado durante o estudo. Durante todo o período de estudo foi observada brotação foliar, com exceção apenas do primeiro mês de observação. A sincronia da fase de brotamento chegou a alcançar 100% dos indivíduos durante os meses de novembro de 2016, fevereiro e março de 2017. Os indivíduos sem folha, só começaram a ser observados a partir do décimo mês de expedição e foram observados posteriormente até a penúltima visita a campo.

Figura 2. A: Árvore adulta no campo; B: Aspecto das folhas, flores, frutos e sementes de *Paratecoma peroba*; C: Tronco e madeira

Figura 3. Comportamento fenológico observado durante o estudo

Comportamento fenológico 2016-2018

SF: Sem folha; Brot: Brotamento; FM: Folha Madura.

Fonte: Autores (2020).

A intensidade das fases durante o estudo ficou em 62% para brotamento, 26% para folha madura e 12% para sem folha. Os números sobre o brotamento demonstraram a regularidade dessa fase analisando os indivíduos dessa população. As folhas maduras mesmo alcançando 78,5% em maio de 2018, mostrou-se como um valor pouco sincrônico de modo geral. Os indivíduos estudados podem ter apresentado variações em seus padrões fisiológicos em resposta ao seu micro-habitat (NEWSTROM et al., 1994).

O fato do estágio de reprodução não ter sido registrado em nenhum dos 20 indivíduos observados é intrigante por se tratar de uma espécie supra-anual. Alguns fatores podem ter alterado esse padrão no seu florescimento. A mudança de épocas de florescimento e de frutificação tende a alterar a relação entre as espécies principalmente na polinização e na dispersão de sementes o que pode gerar consequências negativas para a sustentabilidade dos ecossistemas (THOMPSON et al., 2009).

4. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou eficiência na obtenção dos dados fenológicos de *P. peroba* de forma que foi possível conhecer a periodicidade dos eventos fenológicos dos indivíduos observados.

A espécie *P. peroba* apresentou de modo geral uma alta sincronia de eventos fenológicos entre os indivíduos amostrados.

O fato de não ter sido observado nenhum indivíduo de *P. peroba* em fase reprodutiva no período de estudo pode ser um alerta ao comportamento dos indivíduos como uma possível resposta ao desequilíbrio no ecossistema dessa área.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no parque Nacional dos Campos Gerais, PR, como subsídios ao seu plano de manejo. **Revista Terra@plural** 1(1): 115 - 122, jan. – jul., 2007.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 25: 237-248, 2002a.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Comparação de dois métodos de avaliação de fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica** 25: 269-275, 2002b.

CUNHA, A. A.; GUEDES, F. B. (Ed.). **Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Departamento de Conservação da Biodiversidade, 2013.

DUARTE, W. O. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do alto curso do rio Uberabinha utilizando imagens do satélite CBERS 2. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7., Goiânia, Brasil. **Anais...** Goiânia, 2005. p. 2965-2972

ENGEL, V. L. **Estudo fenológico de espécies arbóreas de uma floresta tropical em Linhares, ES**. 2001. Tese (Doutorado em Ecologia). Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

FERRAZ, D. K. et al. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, p. 305-317, 1999.

FOURNIER, L. A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v. 24, n. 4, p. 422-423, 1974.

FREITAS, J. L. et al. Fenologia reprodutiva da espécie *Carapa guianensis* Aubl. (Andirobeira) em ecossistemas de terra firme e várzea, Amapá, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 3, n. 1, p. 31-38, 2013.

GENTRY, A. H. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, v. 6, n. 1, p. 64-68, 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2008. **Mapa da área de aplicação da Lei nº 11.428 de 2006**.

LINS, B. L. A.; NASCIMENTO, M. T. Fenologia de *Paratecoma peroba* (Bignoniaceae) em uma floresta estacional semidecidual do norte fluminense, Brasil. **Rodriguésia** 61(3):559-568, 2010.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, v. 1, and v. 2. **Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum**, 2002.

MESQUITA JUNIOR, H. N. de. **Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga – SP)**. 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia dos Ecossistemas Terrestres e Aquáticos). Instituto de Biociências/USP, São Paulo. 1998.

MITTERMEIR, R. A.; WERNER, T.; AIRES, J.M.; FONSECA, G. A. B. O país da megadiversidade. **Ciência Hoje** 14 (81): 20-27, 1992.

NEWSTROM, L. E.; FRANKIE, G. W.; BAKER, H. G. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, p. 141-159, 1994.

PASCHOA, L. S. L. **Indicadores de estágio sucessiona em um fragmento florestal de Mata Atlântica no sul do Espírito Santo**. 2016. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira/Ufes, Jerônimo Monteiro, 2016.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, p. 13-26, 2000.

THOMPSON, I.; MACKEY, B.; MCNULTY, S.; MOSSELER, A. **Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change**. UNEP, CBD Technical Series n.43. 2009.

Capítulo 15

LEVANTAMENTO DE PLANTAS MEDICINAIS EM DOMICÍLIOS DO MUNICÍPIO DE LAJINHA – MG

Camila Tavares da Costa¹, Josmara Bárbara de Oliveira Rodrigues Moura¹,
Tales Junior dos Santos², Stéphanie Kelly Lopes Gonzaga³

¹ Ciências Biológicas, Sociedade de Ensino Superior de Manhuaçu (Faculdade do Futuro), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Curso de Ciências Biológicas, Sociedade de Ensino Superior de Manhuaçu (Faculdade do Futuro), Brasil

Autor correspondente: stee.vasco@hotmail.com

Resumo: O presente estudo constituiu-se de um levantamento de plantas medicinais nos domicílios de três bairros urbanos no município de Lajinha – MG. Ocorreram visitas em 30 residências, dez em cada bairro e os dados anotados e fotografados. Foram encontradas 63 espécies de plantas medicinais, distribuídas em 35 famílias botânicas, destacando-se Asteraceae e Lamiaceae pelo número de espécies. As cinco espécies mais encontradas nos quintais foram: Boldo (*Plectranthus barbatus* A.), hortelã (*Mentha suaveolens* Ehrh.), mamão (*Carica* L., spp.), laranja (*Citrus* spp.) e limão (*Citrus* spp.). Cerca de 30% dos vegetais cresce espontaneamente, enquanto 70% são cultivadas. Houve grande variação em relação ao número de espécies identificadas por bairros, pelo fato das localidades. Este trabalho reforça a necessidade de valorizar o conhecimento popular e a cultura de espécies medicamentosas. A conscientização em um dos bairros é uma forma que contribui para a valorização dessa riqueza natural, entretanto esse objetivo só poderá ser alcançado através de um trabalho bem orientado e participativo.

Palavras chaves: Asteraceae; Conhecimento Popular; Etnobotânica.

SURVEY OF MEDICINAL PLANTS IN ADDRESSES OF THE MUNICIPALITY OF LAJINHA – MG

Abstract: The present study consisted of a survey of medicinal plants in the homes of three urban districts in the municipality of Lajinha - MG. Visits took place in 30 residences, 10 in each neighborhood and the annotated and photographed data. There were 63 species of medicinal plants, distributed in 35 botanical families, with Asteraceae and Lamiaceae being distinguished by the number of species. The five species most found in the backyards were: Boldo (*Plectranthus barbatus* A.), mint (*Mentha suaveolens* Ehrh.), Papaya (*Carica* L. spp.), Orange (*Citrus* spp.) and lemon (*Citrus* spp.). Sow of 30% of the vegetables grow spontaneously while 70% are grown. There was great variation in relation to the number of species identified by neighborhoods, due to the fact of the localities. This work reinforces the need to value popular knowledge and the cultivation of medicinal species. Awareness in one of the neighborhoods is a way that contributes to the appreciation of this natural wealth, however, this goal can only be achieved through a well-oriented and participatory work.

Keywords: Asteraceae; Popular Knowledge; Ethnobotany.

1. INTRODUÇÃO

As plantas são reflexos da cultura de uma população, demonstrando o que são o que consideram e suas ligações com a natureza nas imediações. Esta ponderada natureza lhes disponibiliza alimentação, remédios, sustento rentável e uso fruto da alma (MEDEIROS et al., 2004). É por meio dessa relação homem-planta que a etnobotânica permite a descoberta de espécies que podem ser aproveitadas para a fabricação de medicamentos, alimentos, artesanatos, dentre outros (MING, 2001).

A etnobotânica integra todos os estudos concernentes à conexão mútua entre moradores tradicionais e as plantas. Aponta como aspecto básico de estudo, o convívio direto com as populações tradicionais, buscando uma aproximação e vivência que possibilitem conquistar a confiança das mesmas, conservando, assim, todo atendimento possível sobre a relação de compatibilidade no convívio de ser humano e as plantas de certa comunidade (COTTON, 1998).

A instrução botânica apresenta característica fundamental, ora no apoio ao levantamento antropológico em comunidades, ora no fornecimento de conhecimentos morfológicos e ambientais. Tal característica contribui com importantes conceitos sobre fenologia, variedade de estrutura secretora, hábitos, traços morfológicos e identificação das espécies levantadas (CARLINI, 1983).

Na Floresta Atlântica a abundância de plantas é prevista em 20.000 espécies, sendo que mais de 6.000 são consideradas endêmicas, juntamente com a Floresta Amazônica formam cerca de 30% dos remanescentes de matas tropicais hospedando não somente a maior variabilidade do planeta (MITTERMEIER et al., 1999), formando um banco rico em variabilidade genética.

A flora brasileira e sua célebre biodiversidade, formada por um infinito número de categorias vegetais, vem sendo gradativamente destruída, corrompendo também as referências sobre plantas medicinais tropicais, conhecimentos etnomédicos grandes e distintos e seus diversos matizes (ALMEIDA, 2011).

A extração de recursos genéticos de plantas medicinais, no Brasil, permanece relacionada, em grande parte, à colheita extensiva e extrativa do elemento silvestre (VIEIRA, 1994). O aproveitamento desses vegetais para a conservação e recuperação da saúde tem acontecido ao longo dos tempos a partir de formas mais acessível de tratamento local até as maneiras sofisticadas de elaboração industrial de medicamentos (LORENZI e MATOS, 2008).

O uso de plantas medicinais além de expressar a tradição familiar tornou-se prática geral na medicina popular (SIMÕES et al., 1999). A comunicação oral é o determinante meio pelo qual o conhecimento é propagado, em populações urbanas isto não tem ocorrido com tanta frequência nos últimos anos (BRASILEIRO et al., 2008). Comumente, essas informações estão sendo abandonadas, justificando a realização do resgate deste conhecimento (AMOROZO, 1996).

É válido ressaltar a importância de espécies florestais medicinais nos estudos médicos, uma vez que, o estudo sobre esse grupo de plantas se torna imprescindível para os avanços médicos.

O atual estudo objetivou o resgate e a valorização do conhecimento popular por meio da conquista de informações sobre as plantas medicinais empregadas pela comunidade urbana para disponibilizar assistência fundamentada no conhecimento popular e científico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa consiste de um levantamento das espécies medicinais encontradas em quintais de residências na cidade de Lajinha, município do estado de MG, numa latitude a 20°09'05"S, longitude a 41° 37' 22" W, e altitude de 470m.

O presente estudo foi realizado em três bairros do município de Lajinha, MG: Bairro Itá, Bairro Santa Terezinha e Bairro Novo Horizonte. Para a pesquisa foram escolhidas aleatoriamente dez residências em cada bairro, procurando abranger pelo menos duas casas por rua. O

levantamento foi realizado durante os meses de fevereiro e abril de 2017, quando se realizou uma única visita a cada residência, sempre entre 10:00h às 16:00h.

Os exemplares coletados deveriam conter partes vegetativas e reprodutivas completas, isto é, com folhas, flores e frutos, salvo de pragas ou doenças. Com a dificuldade em encontrar flores e frutos juntos, houve a coleta de ramos com flores, mais tarde, ramos com frutos.

Três exemplares de cada espécie foram coletados. Plantas herbáceas com máximo 50,0 cm de altura foram coletadas inteiras (raiz, caule, folha, flor e/ou fruto), acaso o comprimento excedesse o recomendado, os materiais eram dobrados em V ou N.

Após a coleta, o primeiro passo foi pensar os exemplares o mais rápido possível, sendo enumerados e acomodados em folhas de jornal, sem modificar sua fisionomia original no campo, foram utilizadas prensas simples.

Após os exemplares serem coletados, prensados em prensa de secagem e costurados, foi fixada, no canto inferior direito da cartolina, uma etiqueta contendo anotações em campo, a família, o gênero e a espécie. Naftalinas foram colocadas sem contato direto com o material como medida de prevenção contra insetos, fungos e outros agentes que pudessem danificar o material.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os 60 dias de trabalhos de campo, visitaram-se 30 residências. Verificou-se que os sítios dos três bairros onde ocorreu o levantamento cultivam um grupo diversificado de plantas medicinais ao redor e no interior de seus domicílios, que corresponde a um total de 63 espécies, 54 gêneros e 35 famílias, dentre elas, existem plantas arbóreas, arbustivas, subarbustivas, herbáceas e trepadeiras (Tabela 1).

Ao todo foram 30 levantamentos em domicílios, entre os quais 18 apresentavam quintais e 12 não apresentavam quintais. Nestes as plantas eram cultivadas em vasos, canteiros, potes, jardineiras ou até mesmo crescendo espontaneamente ao longo do tempo.

Dentre as 30 residências visitadas, em 23 fez no mínimo um registro de planta medicinal, por outro lado em sete residências não se verificou a ocorrência de nenhuma planta medicinal, seja ela cultivada ou espontânea. Reforçando o que diz Franco (2006), com os anos a perda do conhecimento popular e a carência de recinto adequado influenciam nas buscas por plantas medicinais.

Observou-se uma diferença relevante na diversidade de plantas entre os bairros avaliados, no bairro Itá, verificou-se o maior número de vegetais totalizando 53 espécies diferentes, com uma média de cinco diferentes plantas por casa. O bairro Santa Terezinha apresentou 28 espécies, enquanto o bairro Novo Horizonte totalizou um número de 30 espécies, e uma média de três diferentes espécies por casa.

Acredita-se que a maior diversidade de espécies registradas no bairro Itá foi devido à sua localização mais afastada do centro urbano. Ponto importante, uma vez que a manutenção de hortas e quintais contribui com a conservação destas espécies no meio urbano, como afirma Xolocotzi (1971).

Entretanto, no Bairro Santa Terezinha, registraram-se 28 espécies, em média duas por residência, e o maior número de residências em que não se observou a presença de vegetais medicinais, sendo cinco das dez residências visitadas, sete residências não apresentaram quintais ou espaço para o cultivo de plantas.

Este resultado traz à tona um problema atual, que corresponde à perda de espécies de valor terapêutico, que ocorre devido a vários fatores como a falta do repasse de conhecimento popular, a perda de ambientes adequados para o cultivo das plantas e principalmente as alterações dos habitats naturais gerando a perda de biodiversidade (FRANCO, 2006).

Tabela 1. Listagem das espécies de plantas medicinais observadas nas residências avaliadas em cada um dos bairros estudados na cidade de Lajinha-MG

Nome Popular	Nome Científico	Família	Bairros Avaliados		
			1	2	3
Abacate	<i>Persea</i> Mill. spp.	Lauraceae	06	00	00
Abóbora	<i>Cucurbita moschata</i> Poir.	Cucurbitaceae	01	00	00
Acerola	<i>Malpighia</i> L. spp.	Malpighiaceae	04	02	00
Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Lamiaceae	01	03	01
Alfavaca	<i>Ocimum micranthum</i> Willd.	Lamiaceae	04	01	03
Algodão	<i>Gossypium</i> L. spp.	Malvaceae	02	00	01
Amora	<i>Morus</i> L. spp.	Moraceae	03	00	00
Arnica	<i>Porophyllum ruderale</i> Cass.	Asteraceae	01	01	00
Arruda	<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	02	01	01
Avenca	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Pteridaceae	01	02	00
Babosa	<i>Aloe vera</i> Burm. F.	Liliaceae	03	01	01
Balso	<i>Manihot</i> spp.	Euphorbiaceae	03	02	00
Batata-doce	<i>Ipomoea</i> Lam.	Convolvulaceae	01	00	00
Beijinho	<i>Catharanthus roseus</i> L. Don	Apocynaceae	00	01	00
Boldo	<i>Plectranthus barbatus</i> A.	Lamiaceae	06	02	05
Boldo-do-chile	<i>Plectranthus neochilus</i> S.	Lamiaceae	02	00	00
Caju	<i>Anacardium</i> L. spp.	Anacardiaceae	01	00	00
Camomila	<i>Coreopsis grandiflora</i> L.	Asteraceae	00	01	00
Cana-de-macaco	<i>Costusspiralis</i> Sw.	Zingiberaceae	02	01	00
Canela	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Lauraceae	01	00	00
Capim-cidreira	<i>Cymbopogon citratus</i> Stapf.	Gramineae	01	01	01
Carqueja	<i>Baccharis trimera</i> D.C.	Asteraceae	00	00	01
Carrapicho-miúdo	<i>Acanthospermum australe</i> Kuntze	Asteraceae	01	00	00
Caruru	<i>Amaranthus viridis</i> L.	Amaranthaceae	01	00	00
Cerralhinha	<i>Emilia sonchifolia</i> DC.	Asteraceae	01	00	00
Citronela	<i>Cymbopogon</i> spp.	Gramineae	00	00	01
Cordão-de-frade	<i>Leonotis nepetaefolia</i> R. Br.	Lamiaceae	00	00	01
Cravo-de-difunto	<i>Tagetes patula</i> L.	Asteraceae	03	00	01
Embaúba	<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Cecropiaceae	01	00	00
Eucalipto	<i>Eucalyptus citriodora</i> Hook.	Myrtaceae	01	00	00
Funcho	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Umbelliferae	01	02	02
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe	Zingiberaceae	01	00	01
Girassol	<i>Helianthus</i> spp.	Asteraceae	01	00	00
Graviola	<i>Annona</i> L. spp.	Annonaceae	03	00	00
Guaco-trepador	<i>Mikania cordifolia</i> Willd.	Asteraceae	00	00	01
Hortelã	<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh.	Lamiaceae	03	05	03
Hortelã-pimenta	<i>Plectranthusamboinicus</i> Spreng.	Lamiaceae	01	04	01
Ipê-amarelo	<i>Tabeluia</i> Benth. spp.	Bignoniaceae	01	00	00
Ipê-roxo	<i>Tabeluia</i> Lor. spp.	Bignoniaceae	01	00	00
Jurubeba	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Solanaceae	02	00	00
Laranja	<i>Citrus</i> L. spp.	Rutaceae	06	03	00
Limão	<i>Citrus</i> L. spp.	Rutaceae	05	01	02
Losma	<i>Artemisia absinthium</i> L.	Asteraceae	01	00	02
Macaé	<i>Leonurus sibiricus</i> L.	Lamiaceae	03	00	00
Mamão	<i>Carica</i> L. spp.	Caricaceae	05	03	01
Mamona	<i>Ricinus</i> L. spp.	Euphorbiaceae	00	00	01
Mandioca	<i>Manihot esculenta</i> C.	Euphorbiaceae	04	02	01
Manjeriço	<i>Ocimum basilium</i> L.	Lamiaceae	00	01	02
Melão-de-são-Caetano	<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	01	00	00
Mexerica	<i>Citrus</i> B. spp.	Rutaceae	01	00	01
Noni	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Rubiaceae	02	00	00
Picão	<i>Bindes pilosa</i> L.	Asteraceae	02	01	01
Poejo	<i>Mentha pulegium</i> L.	Lamiaceae	02	00	02

Romã	<i>Punica granatum L.</i>	Punicaceae	03	00	01
Rosa-branca	<i>Rosa Spp.</i>	Rosaceae	01	00	00
Saião	<i>Kalanchoe brasiliensis Camb.</i>	Crassulaceae	01	02	01
Salsinha	<i>Petroselinum crispum L.</i>	Umbelliferae	02	01	02
Santa-maria	<i>Chenopodium ambrosioides L.</i>	Chenopodiaceae	02	00	00
Sapeixe	<i>Vernonia Less. spp.</i>	Asteraceae	01	00	01
Tiririca	<i>Cyperus rotundus L.</i>	Cyperaceae	01	00	00
Transagem	<i>Plantago major L.</i>	Plantaginaceae	04	00	02
Trevinho	<i>Trifolium spp.</i>	Fabaceae	00	01	00
Uva	<i>Uva L. spp.</i>	Vitaceae	00	01	00

Nota: *Número de vezes que cada espécie foi encontrada em cada bairro avaliado. Fonte: Autores (2020).

As espécies mostradas na Tabela 1 foram coletadas em diferentes habitats, desde apartamentos, a quintais. A menor parte dos vegetais cresce espontaneamente enquanto a maioria das espécies são cultivadas e adquiridas fora dos bairros, resultados contrários do trabalho de Amorozo e Gély (1998) o qual afirma que a relação dos vegetais cultivados está diretamente ligada à disponibilidade de habitat e ao fato da comunidade usufruir efetivamente este ambiente indicando populações de vegetais cultivados inferiores que populações nativas.

Contudo, 70% das plantas reconhecidas com propriedades medicinais eram cultivadas e 30% espontâneas, mostrando que os desmatamentos sucessivos afetam direta e/ou indiretamente a existência dessas espécies, que necessitam de um ambiente propício para seu desenvolvimento, uma vez que Schardong e Cervi (2000) verificaram um equilíbrio no nicho ecológico encontrando 50% para ambos, em seu trabalho.

As famílias com maior número de espécies registradas foram respectivamente, Asteraceae (11 spp.), Lamiaceae (10) e Rutaceae (03). Alguns estudos etnobotânicos relatando plantas medicinais realizadas em áreas de Mata Atlântica Giraldi et al. (2010), também indicam Asteraceae e Lamiaceae entre as famílias mais representativas.

Houve menor representatividade de espécies em outras famílias botânicas: Lauraceae, Cucurbitaceae, Zingiberaceae, Umbelliferae, Gramineae e Bignoniaceae (02 spp. cada); Mapighiaceae, Malvaceae, Moraceae, Pteridaceae, Liliaceae, Convolvulaceae, Apocynaceae, Anacardiaceae, Amaranthaceae, Cerealiaceae, Myrtaceae, Annonaceae, Solonaceae, Caricaceae, Rubiaceae, Punicaceae, Rosaceae, Crassulaceae, Chenopodiaceae, Cyperaceae, Plantaginaceae, Fabaceae e Vitaceae com um exemplar para ambas.

As espécies mais comumente observadas durante as visitas domiciliares foram o boldo (*Plectranthus barbatus A.*), que foi observado em 14 residências, hortelã (*Mentha suaveolens Ehrh.*) observada 11 vezes, mamão (*Carica L. spp.*) e laranja (*Citrus L. spp.*) ambas observadas em nove residências avaliadas, o limão (*Citrus L. spp.*) e alfavaca (*Ocimum micranthum Willd.*) foram observados oito vezes cada e a mandioca (*Manihot esculenta C.*) sete observações. Resultados semelhantes aos trabalhos de Junior (2008) na região Centro-Oeste do Rio de Janeiro que obteve o boldo (*Plectranthus barbatus A.*) a espécie com maior incidência, Giraldi e Hanazaki (2010) observou a laranja (*Citrus L. spp.*) e limão (*Citrus L. spp.*) sendo as plantas mais frequentes no Sertão do Ribeirão em Florianópolis.

O boldo (*Plectranthus barbatus A.*) foi a planta mais comum, Lorenzi (2002) conclui que essa espécie adapta a diversos habitats e seu cultivo e manejo é de fáceis manutenções, ocorrendo em todos os estados do Brasil como medicação para o tratamento dos males do fígado e de problemas da digestão. Outros estudos etnobotânicos, como Junior (2008), Giraldi e Hanazaki (2010), relatam o boldo (*Plectranthus barbatus A.*) à espécie mais presente em diversas áreas do território brasileiro.

Melão-de-são-caetano (*Momordica charantia L.*) foi observada uma única vez, recentemente introduzidas no Brasil como afirma Lorenzi (2002), o mesmo diz que essa espécie é usada na medicina popular em todo Brasil, mas principalmente na região nordestina. Alzugaray (1983) confirma e conclui a adaptação fácil dessa espécie em razão do clima tropical.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o habitat é um fator principal para o desenvolvimento dos vegetais, pois uma planta precisa de solo e nutrientes para seu crescimento.

O bairro Itá destacou-se por apresentar maior diversidade, com 53 espécies, o que se acredita estar relacionado à sua localização mais afastada do centro urbano e ao fato de a maioria das residências avaliadas terem áreas com jardins ou hortas.

É sugerido o aumento de áreas vegetativas nos bairros conforme a realidade de cada um e de seus moradores, também a adaptação de pequenos espaços da forma correta para que essas espécies se desenvolvam e se expandem buscando assim um bem comum e equilíbrio socioambiental.

Serão necessários novos estudos para reafirmar a conclusão de que o aumento da área urbana em uma comunidade afeta a população dessas espécies com finalidades fitoterapêuticas.

REFERÊNCIAS

ALBERTASSE, P.D.; THOMAZ, L.D.; ANDRADE, M.A. **Plantas medicinais e seus usos na comunidade da Barra do Jucu**, Vila Velha, ES .Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.12, n.3, p.250-260, 2010.

ALMEIDA, M. Z. **Plantas medicinais**. 3 ed. Salvador: EDUFBA; 2011.

ALZUGARAY, D.; ALZUGARAY, C. **Chicória amarga. Plantas que curam A natureza a serviço da saúde**. v.40, n.11, p.153-154, 1983.

AMOROZO, M.C.M.; GÉLY, A.L. **Uso de plantas medicinais por caboclos do baixo Amazonas, Barcarena, PA, Brasil**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, v.4, n.1, p.47-131, 1988.

AMOROZO, M.C.M. **A abordagem etnobotânica na pesquisa de plantas medicinais**. In: Di stasi, I.c. (org.) **Plantas medicinais: arte e ciência. Um guia de estudo interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1996. P.47-68.

BRASILEIRO, B. G.; PIZZIOLO, V. R.; MATOS, D.S. **Plantas medicinais utilizadas pela população atendida no “programa de saúde da família”**.Governador Valadares, MG, Brasil, 2008.

CARLINI, E. A. **Pesquisas com plantas medicinais usadas em medicina popular**. *Rev. Ass. Med. Bras.*, v.29, p.109-110, 1983.

COTTON, C. M. **“Ethnobotany– principles and applications”**.Wiley, London. 1998.

FRANCO, E.A.P. e BARROS, R.F.M. **Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D’água dos Pires, Esperantina, Piauí**. Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, v.8, n.3, p.78-88, 2006.

GIRALDI, M.; HANAZAKI, N. **Uso e conhecimento tradicional de plantas medicinais no Sertão do Ribeirão, Florianópolis, SC, Brasil**. Acta bot. bras. 24(2): 395-406. 2010.

JUNIOR,V. F.V. **Uso de plantas medicinais pela população da zona urbana de Bandeirantes-PR**. 2008.

LEÃO, A. B. A.; FERREIRA, R. C.; JARDIM, M. A. G.**Levantamento de plantas de uso terapêutico no município de Santa Bárbara do Pará, Estado do Pará Brasil**. Rev. Bras. Farm., 88(1):p.21-25, 2007.

LIMA, C. B.; TAKAKI BELLETTINI, N. M.; SILVA, A. S. **Plantas medicinais do Sul**. Revista Brasileira de Biociências, Porto alegre, v. 5, supl. 1, p. 600-602, jul.2012.

LORENZI, H.; MATTOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto. Plantarum, 2002. p.512

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A.M. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 544p.

MEDEIROS, M.F.T.; FONSECA, V.S.; ANDREATA, R.H.P. **Plantas medicinais e seus usos pelos sitiantes da reserva Rio das Pedras, Mangaratiba, RJ, Brasil**. Acta Botânica Brasileira, v.18, n.2, p.391-9, 2004.

MING, L.C. **A etnobotânica na recuperação do conhecimento popular**. In: Encontro Internacional sobre Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Botucatu: UNESP, 2001. p. 3.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G.; ROBLES GIL, P. **Book: hotspots: earths biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. p.431, 1999.

OLIVEIRA, F. Q.; GONÇALVES, L. A. **Conhecimento sobre plantas medicinais e fitoterápicos e potencial de toxicidade por usuários de Belo Horizonte, Minas Gerais**. Revista Eletrônica de Farmácia, vol 3 (2), p. 36-41, 2006.

PEREIRA, A.J.; ZENI, A.L.B.; ESEMANN-QUADROS, K. **Estudo etnobotânico de espécies medicinais em Gaspar Alto Central, SC**. Re.c.e.f., v.18, n.1, ago,2011.

SIMÕES, C. M.O; SCKENKEL, E. P; GOSMANN, G; MELO, J. C. P. de; MENTZ, L. A; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Florianópolis. Editora da UFSC, 1999. p.821.

SCHARDONG, R. M. F.; CERVI, A. C. **Estudos etnobotânicos das plantas de uso medicinal e místico na comunidade de São Benedito, Bairro São Francisco, Campo Grande, MS, Brasil**. Acta Biológica Paranaense, Curitiba, v. 29, n. 1-4, p.187-217, jan./dez. 2000.

XOLOCOTZI, E.H. **Exploración etnobotánica y su metodología**. Chapingo: S. A. G., 1971. p.188.

Capítulo 16

ANÁLISE DO RENDIMENTO DE POLPA DOS FRUTOS DE *Euterpe edulis* Martius

Marcello Zatta Péres¹, Jéssica Tetzner de Oliveira¹, Guilherme Bravim Canal³, Marcia Flores da Silva Ferreira², Adésio Ferreira²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Departamento de Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Autor correspondente: marcellozp@hotmail.com

Resumo: A *Euterpe edulis* Martius é uma das espécies ameaçadas de extinção decorrente do processo de fragmentação da Mata Atlântica, e possui elevado potencial econômico devido a sua grande produção de frutos, aliado a composição química benéfica à saúde humana. O objetivo deste estudo é analisar o rendimento de polpa dos frutos de *Euterpe edulis* coletados no município de Rio Novo do Sul, Espírito Santo. Foram amostrados 493 indivíduos, na maturidade fisiológica, e foram mensurados os parâmetros: massa fresca de 25 frutos (MFF), massa fresca de 25 sementes (MFS), quantidade de polpa (QP). Com os dados obtidos foram realizados o cálculo das correlações fenotípicas para os 493 indivíduos amostrados. Posteriormente foram realizados cálculos de rendimento médio da polpa *in natura* e do rendimento industrial, com dados de 262 genótipos, divididos em duas classes: frutos grandes e frutos pequenos. Para o processamento dos dados foi utilizado o programa estatístico R. As correlações fenotípicas entre MFF e MFS (0,91***); MFF e QP (0,76**), MFS e QP (0,42***) demonstram que quanto maior o fruto, maior será a quantidade de polpa neste fruto. Entretanto, se considerarmos o processo de despolpa industrial, com um volume de espaço definido, os frutos menores rendem mais polpa ao produtor, permitindo ao produtor adicionar mais água. Porém para isto, é necessário quase o dobro do número de fruto, e no processo de limpeza dos frutos, podem ocorrer maiores perdas de produtividade e lucro.

Palavras chave: correlação, rendimento, frutos, palmeira juçara.

ANALYSIS OF PULP YIELD OF *Euterpe edulis* Martius

Abstract: *Euterpe edulis* Martius is one of the endangered species resulting from the Atlantic Forest fragmentation process, and has high economic potential due to its large fruit production, allied to the chemical composition beneficial to human health. The objective of this study is to analyze the pulp yield of *Euterpe edulis* fruits collected in the municipality of Rio Novo do Sul, Espírito Santo. A total of 493 individuals were sampled at physiological maturity and the following parameters were measured: 25 fruit fresh mass (MFF), 25 seed fresh mass (MFS), pulp quantity (QP). With the obtained data, the phenotypic correlations were calculated for the 493 sampled individuals. Subsequently, mean fresh pulp yield and industrial yield calculations were performed using data from 262 genotypes, divided into two classes: large fruits and small fruits. Data processing was performed using the R statistical program. Phenotypic correlations between MFF and MFS (0.91 ***); MFF and QP (0.76 **), MFS and QP (0.42 ***) show that the larger the fruit, the greater the amount of pulp in this fruit. However, if we consider the industrial pulping process with a defined volume of space, smaller fruits yield more pulp to the producer, allowing the producer to add more water. However, this requires almost twice the number of fruits, and in the process of cleaning fruits, greater losses in productivity and profit may occur.

Keywords: correlation, yield, fruits, juçara palm.

1. INTRODUÇÃO

Nativa do bioma Floresta Atlântica o *Euterpe edulis* (JÚNIOR et al., 2008), é uma espécie pertencente à família Arecaceae, conhecida popularmente como palmeira juçara (LORENZI & MELLO FILHO, 2001). A espécie é fortemente afetada pelas atividades antrópicas, levando-a a lista de espécies ameaçada de extinção, classificada como “vulnerável” no livro vermelho da flora do Brasil (LEITMAN et al., 2013; MACHADO et al., 2008). Sua situação de risco é intensificada pela sua precoce remoção para extração do palmito, antes de florescer e frutificar, quando ainda jovem, impedindo que os indivíduos completem seu ciclo reprodutivo (TSUKAMOTO FILHO et al. 2001; JÚNIOR et al., 2008).

A busca por atividades para evitar o corte ilegal dos indivíduos da espécie para obtenção do palmito, evidenciou uma prática de conservação da espécie, que possui um elevado potencial econômico. Aliando o ponto de vista ecológico e econômico, tal atividade constitui-se no manejo ecológico de frutos para produção de polpa (MIRANDA et al., 2011; BRANCALION et al., 2012), visto que seu potencial como uma frutífera é fortalecido devido a alta produção de frutos, que em condições favoráveis, pode chegar a produzir de 6 a 8 kg por cacho, com média de 3 a 4 cachos por planta (SEOANE et al., 2005; TROIAN, 2009).

Aliando os fatores produtivos e a química da polpa dos frutos, a conservação e o uso pelo manejo de seus frutos, são uma opção promissora de renda sustentável, ao contrário da extração predatória e ilegal do palmito, que elimina a planta por completo (TROIAN, 2009). Por isso, estudos de análise do rendimento de polpa dos frutos são importantes, pois garantem a identificação de traços de interesse ao melhoramento de plantas (CONCEIÇÃO et al., 2015), existindo a necessidade de se buscar genótipos que gerem um maior rendimento de polpa para o produtor, e uma melhor qualidade para o consumidor final (NINA, 2019).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na safra de 2018, com a obtenção dos frutos na região Sul do estado do Espírito Santo, no município de Rio Novo do Sul (latitude: -20,8083°, longitude: -40,9347°), em uma propriedade rural particular pertencente às empresas VIP Polpas® e Açaí Juçara®. A propriedade conjunta das empresas possui, atualmente, uma área de aproximadamente 24 hectares de plantio de *Euterpe edulis*. Mesmo destinado à produção de frutos, a forma de manejo do plantio aproxima-se a dinâmica de floresta nativa, de modo que, a única prática agrônômica e silvicultural aplicada na área é a roçada na época de colheita, onde não há espaçamento definido entre os indivíduos, aplicação de adubos, controle de pragas, entre outras práticas.

2.2. Coleta dos frutos

Na época de frutificação, fez-se o caminhamento em busca dos genótipos que apresentavam cachos em estágio de maturação comercial. O ponto de colheita foi determinado por um funcionário preparado pelas indústrias de processamento de polpa, o mesmo foi responsável pela obtenção dos frutos, colhendo-os com auxílio de uma foice com cabo extensor. Realizava-se o corte do cacho, que caía sobre uma lona, onde os frutos eram coletados e adicionados em sacos de rafia com a identificação do genótipo.

Posteriormente, fazia-se o transporte de uma sacola com os frutos coletados para o Laboratório de Genética e Melhoramento Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) para as futuras análises biométricas.

2.3. Análises Biométricas

2.3.1. Massa Fresca de 25 Frutos e Sementes

Tomando-se uma amostra de 100 frutos por genótipo, divididos em quatro repetições, foi determinado a Massa Fresca de 25 Frutos (MFF) e Massa Fresca de 25 Sementes (MFS), em gramas, mensurada em balança analítica (0,0001g).

Para as avaliações de sementes, os frutos passavam por um processo de despolpa manual por fricção, com auxílio de areia e peneira. As sementes obtidas do processo eram lavadas em água corrente e secas ao ar.

2.3.2. Quantidade de polpa

A quantidade de polpa (QP), em gramas, foi obtida por diferença entre a massa fresca de 25 frutos e massa fresca de 25 sementes, como demonstrado na equação (1):

$$QP = MFF - MFS \quad (1)$$

2.4. Análises estatísticas

2.4.1. Estimativa de correlação fenotípica

As associações entre as características avaliadas foram obtidas através do método da estimativa da correlação de Pearson (ρ), associado ao teste t, para examinar a significância das estimativas em nível de 0,1%, 1% e 5% de probabilidade. O seguinte estimador foi utilizado (2):

$$\hat{r} = \frac{\text{COV}(X,Y)}{\sqrt{\hat{V}(X)\hat{V}(Y)}} \quad (2)$$

Em que:

$\hat{r}$: Estimativa da correlação fenotípica entre as variáveis X e Y; X: Valor fenotípico da variável X; Y: Valor fenotípico da variável Y; $\hat{V}(X)$: Estimativa da variância fenotípica para a variável X; $\hat{V}(Y)$: Estimativa da variância fenotípica para a variável Y.

2.4.2. Rendimento de polpa

Foram utilizados dados de massa de frutos e sementes de 262 indivíduos, obtendo a massa de apenas um fruto dividindo-se a MFF por 25, realizando o mesmo cálculo para a massa de semente. Posteriormente, foi realizado um teste médias, o Teste de Tukey à 5% de probabilidade, com delineamento inteiramente casualizado (DIC) para averiguar o rendimento de polpa dos frutos. De acordo com Lin (1986), em média, os frutos menores apresentam 1060 frutos/kg, com cada fruto possuindo 1,67 g, e os frutos maiores apresentam 600 frutos/kg, com cada fruto contendo 0,94 g.

Com isso, os dados deste estudo foram separados de acordo com a média entre 1,67 e 0,94, resultando em 1,3g, formando duas classes: a dos frutos e menores (abaixo de 1,3 g) e a dos frutos maiores (acima de 1,3 g). O rendimento foi obtido subtraindo a massa de um fruto, da massa de uma semente.

2.5. Análise dos dados

As análises estatísticas foram realizadas com o uso do *software* de ambiente livre R (TEAM, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis morfométricas de frutos e sementes (MFF, MFS) apresentaram correlação alta e positiva (0,91***) (Figura 1). Logo, espera-se que o aumento no tamanho do fruto resulte em igual aumento no tamanho da semente, e que frutos de maiores massas tenham sementes mais pesadas. Este valor é similar ao observado por Canal (2019) no estudo de melhoramento genético para *E. edulis* visando a produção de frutos, realizado no mesmo local do presente estudo, encontrando valor também de 0,91*** na associação entre estas mesmas variáveis.

Estes resultados ainda estão de acordo com o observado por Marçal et al. (2016), ao estimar as correlações genéticas de 198 genótipos de juçara, provenientes de seis municípios do sul do Espírito Santo, encontrando altas associações (0,83). Com isso, podemos determinar que as alterações na MFF, provocam mudanças no mesmo sentido na MFS.

Figura 1. Estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica entre as variáveis: massa fresca de frutos (MFF), massa fresca de sementes (MFS); quantidade de polpa (QP) (n=4930)

Nota: Na diagonal superior está representada as estimativas de correlação de Pearson (ρ), entre as variáveis, com significância de 5% (*); 1% (**) e 0,1% (***). Na diagonal inferior, são apresentadas as distribuições dos dados entre as variáveis com a linha de tendência da distribuição dos dados.

A associação da QP com a MFF (0,76***) é muito superior à observada com a MFS (0,42***). Assim, a QP aumenta em maior proporção com o aumento do MFF do que com o aumento da MFS. Esses valores são contrários ao encontrado por Teixeira et al. (2009) em um estudo com açaizeiro, a associação fenotípica observada entre peso de fruto e rendimento de polpa por fruto foi de -0,22 e a relação com a semente foi -0,42, demonstrando que frutos menores rendem mais polpa. Uma das prováveis causas dessas associações inversas pode ter ocorrido, pois o autor utilizou a porcentagem para calcular o rendimento de polpa.

Sabendo-se que frutos maiores possuem maiores massas, a correlação entre QP e MFF inicialmente mostra-se contrária à afirmação de alguns produtores de polpa, a qual já foi relatada por Farias Neto et al. (2011) que, “frutos menores rendem mais”.

Para justificar esta afirmação, devemos inicialmente considerar o formato arredondado dos frutos de juçara, assim seu volume pode ser estimado pela fórmula do volume de esfera. Segundo Lin (1986), frutos pequenos e grandes de *Euterpe edulis* possuem em média, respectivamente, 13,18 mm (com 1060 frutos/kg) e 15,86 mm (com 600 frutos/kg) de diâmetro, e consequentemente, possuiriam um volume e peso de 1,2 ml e 0,94 g, para frutos pequenos, e 2,09 ml e 1,67 g, para frutos grandes.

Levando em consideração os dados de 262 frutos, com cada fruto sendo uma repetição, realizou-se um teste de comparação de médias, Teste de Tukey, considerando a média (1,3g) entre 0,94 e 1,67 g, como o divisor entre frutos pequenos e grandes, para avaliar o rendimento das duas classes de frutos. O resultado do rendimento médio de polpa *in natura* está apresentado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Rendimento médio de polpa *in natura* de frutos de *Euterpe edulis* para as classes de frutos grandes e pequenos (n=262)

Tratamentos	Rendimento de polpa
Frutos maiores (g)	0,52 ^{1a}
Frutos menores (g)	0,34 ^{1b}
QMResíduo ²	0,0154
CV (%)	28,65
Teste F	269,58

Nota: ¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05). ²QMResíduo = Quadrado Médio do Resíduo, obtido pela Análise de Variância.

Considerando uma despulpadora de açaí de médio porte com capacidade 20 L, seria possível ser processado 10.011 frutos pequenos, com diâmetro de 13,18 mm, e 5.745 frutos grandes com 15,86 mm, considerando que, hipoteticamente, os frutos ocupariam todo o espaço. Utilizando as médias de rendimento de polpa da Tabela 1 e multiplicando pelo número de frutos de acordo com a classe, a quantidade de polpa extraída de frutos pequenos processados seria de 5,73 kg, enquanto que, em frutos grandes a média seria de 4,99 kg. Nota-se assim, uma diferença de 14,83% de massa de polpa processada entre as diferentes classes de tamanho de frutos, e que possibilita no processamento industrial, a adição de maiores quantidades de água, levando a explicação do que é afirmado pelos produtores que “frutos menores rendem mais”.

Pode-se concluir também que, o rendimento industrial e o rendimento da polpa do fruto *in natura*, são características diferentes obtidas por métodos diferentes. Além disto, concluímos também que, frutos maiores rendem mais polpa *in natura*. Porém, no processo industrial, os frutos menores rendem maior quantidade de polpa processada, dado a possibilidade de maior adição de água no processo de despulpa, mas para isto é necessário quase o dobro do número de frutos.

Ainda, a seleção para frutos menores pode resultar em futuros problemas aos procedimentos industriais de higienização do material colhido. Pois, mediante ao reduzido tamanho dos frutos, os mesmos acabam escapando pelo equipamento que efetuam a higienização dos mesmos, os quais ficam retidos junto aos demais resíduos extraídos no processo de limpeza e higienização (Figura 2), causando perda de frutos a serem processados, redução na produtividade e, consequentemente, nos lucros industriais.

Figura 2. Parte da máquina despulpadora responsável pela limpeza e higienização dos frutos de juçara, na fábrica VIP Polpas®

3. CONCLUSÃO

Frutos maiores rendem mais polpa de fruta *in natura*, porém frutos menores rendem mais polpa no processo industrial, havendo diferença entre o rendimento da polpa do fruto *in natura* e o rendimento industrial.

Com isso, fazem-se necessários mais estudos sobre o rendimento de polpa de *Euterpe edulis*, visando os futuros estudos para seleção dos melhores genótipos com base nesta variável e buscando uma maior produtividade ao produtor.

4. AGRADECIMENTOS

Aos senhores Pedro Bortolotti Menegardo e Vicente de Paulo Menegardo Bortolotti e suas famílias, que tanto se envolveram na realização do trabalho, ao disponibilizarem a área de estudo, os materiais vegetais para avaliação, os funcionários, por ceder a área para processamento e por serem compreensivos sobre a movimentação gerada nos dias de avaliações. À Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, em conjunto aos órgãos financiadores de pesquisa (VALE, CNPq, CAPES e FAPES).

REFERÊNCIAS

- BRANCALION, Pedro HS et al. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 284, p. 78-85, 2012.
- CANAL, G. B. **Melhoramento Genético de *Euterpe edulis* para produção de frutos**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.
- CONCEIÇÃO, Léo Duc Haa Carson Schwartzhaupt et al. Genetic diversity of macauba from natural populations of Brazil. **BMC research notes**, v. 8, n. 1, p. 406, 2015.
- FARIAS NETO, J.T. de.; RESENDE, M.D.V. de.; OLIVEIRA, M. do S.P. de. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso de fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 532-539, 2011.
- JÚNIOR, Lauro Rodrigues Nogueira; FISCH, Simey Thury Vieira; BALLESTERO, Serafim Daniel. Influência da umidade do solo no desenvolvimento inicial de plantas do palmitero *Euterpe edulis* Mart. em floresta nativa. **Revista Biociências**, v. 9, n. 1, 2008.
- LEITMAN, P.; JUDICE, D. M.; BARROS, F. S. M.; PRIETO, P. V. **Arecaceae**. In: MARTINELLI, Gustavo; MORAES, Miguel Avila. Livro Vermelho da Flora do Brasil. Rio de Janeiro: Cncflora, 2013. p. 187-195.
- LIN, Shiow Shong. Efeito do tamanho e maturidade sobre a viabilidade, germinação e vigor do fruto de palmitero. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n. 1, p. 57-66, 1988.
- LORENZI, H.; MELLO FILHO, L. E. **As plantas tropicais de R. Burle Max**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2001. 504p.
- MACHADO, Angelo Barbosa Monteiro; DRUMMOND, Gláucia Moreira; PAGLIA, Adriano Pereira. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. In: **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção**. 2008.

- MARÇAL, T. de S. et al. Repeatability of biometric characteristics of juçara palm fruit. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2016.
- MIRANDA, T. M. et al. Existe utilização efetiva dos recursos vegetais em comunidades na Ilha do Cardoso, estado de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, v. 62, n. 1, p. 153–169, 2011.
- NINA, Natasha Veruska dos Santos et al. **Divergência genética, adaptabilidade e estabilidade e ganhos de seleção para caracteres agroindustriais de genótipos de guaranazeiro**. 2019.
- SEOANE, Carlos Eduardo Sicoli et al. Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis* Mart. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 23-43, 2005.
- TEAM, R. **Core. R**: A language and environment for statistical computing; 2015. 2018.
- TEIXEIRA, Davi Henrique Lima et al. Ganhos genéticos com a seleção para caráter rendimento de polpa por fruto em açaizeiro. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. O melhoramento e os novos cenários da agricultura: anais. Vitória: SBMP: Incaper, 2009. 2009.
- TROIAN, L. C. **Contribuições ao manejo sustentados dos frutos de Euterpe edulis: estrutura populacional, consumo de frutos, variáveis de habitat, e conhecimento ecológico local no sul do Brasil**. 2009. p.14. Dissertação (Mestrado em ciências). PPGEcologia, UFRGS, Porto Alegre. 2009.
- TSUKAMOTO FILHO, A. A., MACEDO, R. L. G., VENTURIN, N., MORAIS, A. R. Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitero (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, MG. **Revista Cerne**, v.7, n.1, 2001.

Capítulo 17

INFLUÊNCIA DO GRAU DE ARBORIZAÇÃO NA TEMPERATURA E UMIDADE DAS PRAÇAS DE ALEGRE – ES

Millena Duarte Machado¹, Laís Gonçalves Pires de Souza¹, Lara Arêas Tertuliano¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: millenaduarte@gmail.com

Resumo: Devido ao intenso desenvolvimento urbano e fragmentação das florestas as cidades sofreram significativas alterações, principalmente climáticas, diminuindo a qualidade de vida da sociedade. Nos últimos anos houve um aumento na preocupação e procura de áreas verdes nos centros urbanos. Por isso, a importância de ambientes naturais nas cidades que servem como refúgio do dia-a-dia estressante e também conservação da biodiversidade. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de mostrar a influência da cobertura vegetal nos confortos térmicos e humanos nas praças de Alegre. Para isso, foram selecionadas três praças contendo diferentes graus de arborização e sorteadas em cada uma delas quatro pontos aleatórios para as medições de temperatura e umidade relativa do ar com o auxílio do aparelho termohigrógrafo importado por “INCOTERM Indústria de Termômetro” além de um ponto como testemunha em um local sem arborização. Com os dados obtidos foram calculados os índices ITU, IDT, IDH e ICH. Os resultados mostraram que a área com mais vegetação apresentou menor temperatura e maior umidade relativa do ar, gerando um maior conforto humano e térmico, já as áreas com menos cobertura apresentaram maiores temperaturas, menores umidades e um maior desconforto térmico e humano mostrando então a importância da vegetação nos centros urbanos para uma melhor qualidade de vida da população.

Palavras chave: Urbanização; Fragmentação; Conforto térmico.

INFLUENCE OF THE DEGREE OF TREE ON THE TEMPERATURE AND HUMIDITY OF SQUARES AT ALEGRE – ES

Abstract: Due to intense urban development and forest fragmentation, cities have suffered significant changes, mainly climate, reducing the quality of life of society. In recent years there has been an increase in concern and demand for green areas in urban centers. Therefore, the importance of natural environments in cities that serve as a refuge from stressful daily life and also conservation of biodiversity. The present work was carried out to show the influence of vegetation cover on thermal and human comforts in the squares of Alegre. For this, three squares with different degrees of afforestation were selected and in each one of them four random points were selected for the measurements of temperature and relative humidity with the aid of a thermohygrograph device imported by “INCOTERM Thermometer Industry” besides a point as witness in a place without afforestation. With the obtained data, the indices ITU, IDT, HDI and ICH were calculated. The results showed that the area with more vegetation presented lower temperature and higher relative humidity, generating greater human and thermal comfort, while the areas with less coverage showed higher temperatures, lower humidity and greater thermal and human discomfort, thus showing the importance. vegetation in urban centers for a better quality of life for the population.

Keywords: Urbanization; Fragmentation; Thermal comfort.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente os problemas ambientais começaram a se destacar na década de 60 (FREITAS; SANTOS; LIMA, 2016), devido ao intenso desenvolvimento urbano e fragmentação das florestas. Com isso, as cidades sofrem significativas alterações climáticas, ambientais e paisagísticas, diminuindo a qualidade de vida da população (CHEBEL et al., 2011).

Dentre essas alterações climáticas as principais são: maior incidência de radiação solar direta e da emissão de radiação de ondas longas, elevação da temperatura do ar, diminuição da umidade relativa do ar, mudança no ciclo de precipitação e direção dos ventos (ABREU, 2008).

Portanto, nos últimos anos têm-se aumentado a preocupação em analisar variáveis que demonstram o grau de conforto térmico proporcionado pela vegetação urbana (SILVA, XAVIER, ALVAREZ, 2015), e também a importância das áreas verdes como: praças, parques, bosques, jardins, dentre outros.

O conjunto dessas áreas promovem benefícios como: economia de energia devido o microclima que produz, saúde física e psicológica (melhora o sistema imunológico, cardiovascular, cognitivo), utilização social do espaço, diminuição da poluição sonora, visual e do ar (VORMITTAG, 2015).

Assim, este trabalho visa transmitir a importância da vegetação, relacionando o quanto o grau de cobertura influencia no conforto térmico nas praças do município de Alegre - ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Alegre, localizada no sul do Estado do Espírito Santo, onde abrange uma área de aproximadamente 772,7 km² com altitude de 238 metros, e tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 20° 45' 48" Sul, Longitude: 41° 32' 2" Oeste (CIDADE-BRASIL), possuindo segundo o IBGE (2018) uma população estimada de 30.568 pessoas. Possui clima de acordo com a classificação de Köppen e Geiger de Aw (tropical chuvoso) tendo o verão chuvoso e inverno seco (SILVA, 2005).

Foram escolhidas de acordo com o grau de cobertura arbórea contida, variando da maior para a menor arborização três praças no centro da cidade, denominadas: Parque Getúlio Vargas (1), Praça Nossa Senhora da Penha (2) e Praça da Bandeira (3) conhecidas, respectivamente, como Praça da Prefeitura, Praça Seis de Janeiro e Praça do Pico (FIGURA 1).

Figura 1. Representação das praças utilizadas no estudo

Fonte: Google Earth (2019).

Estas foram subdivididas em zonas e sorteados quatro pontos aleatoriamente com auxílio do aplicativo “Sorteio” baixado em smartphone para realização das medições (FIGURA 2).

Figura 2. Subdivisão dos pontos de coleta das praças (A) da Prefeitura, (B) Seis de Janeiro e (C) Pico

Fonte: Google Earth (2019).

Realizou-se também uma medição de temperatura e umidade relativa do ar em um ponto a pleno sol para utilizar seus dados como testemunha (FIGURA 3).

As medições de temperatura e umidade relativa do ar foram realizadas durante três sábados seguidos, iniciando no dia seis de abril de 2019, entre 11 e 12 horas. O aparelho utilizado foi o termohigrógrafo importado por “INCOTERM Indústria de Termômetro”, acoplado em uma barra de ferro galvanizado a 105 centímetros de altura do solo com uma cobertura para impedir incidência solar direta no medidor, evitando assim interferências nos dados (FIGURA 4).

Figura 3. Ponto de medição de temperatura e umidade relativa do ar próximo à Praça do Pico

Fonte: Autores (2020).

Figura 4. Aparelho de medição de temperatura e umidade INCOTERM e barra de suporte do mesmo

Fonte: Autores (2020).

Após a obtenção dos dados realizou-se o cálculo das estimativas dos índices utilizando o *software Microsoft Excel 2010*. Para comparar as análises de conforto térmico das praças utilizou-se a Equação 1 que calcula o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), adotada por França et al. (2015).

$$ITU = 0,8 \times Ta + \left(\frac{UR \times Ta}{500} \right) \quad (1)$$

Em que Ta = Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e UR é a umidade relativa do ar (%).

Para encontrar os valores do Índice de Desconforto Térmico (IDT) foi utilizada a Equação 2 citada por França et al. (2015).

$$IDT = Ta - (0,55 - 0,0055 \times UR) \times (Ta - 14,5) \quad (2)$$

Em que Ta é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); UR é a umidade relativa (%).

O Índice de Conforto Térmico Humano (ICH) foi obtido através da Equação 3, a fórmula descrita por Anderson (1965):

$$ICH = Ta + \frac{5}{9} (e_a - 10) \quad (3)$$

Em que Ta é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); e_a é a pressão de vapor.

O Índice de Desconforto Humano (IDH) foi determinado através da Equação 4 descrita por Ono e Kawamura (1991):

$$IDH = 0,99 Ta + 0,36 T_d + 41,5 \quad (4)$$

Em que Ta é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); T_d é a temperatura de orvalho.

Após a obtenção dos valores de temperatura, umidade e índices os dados foram submetidos à ANOVA único fator e teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o *software IBM SPSS Statistics 20*, analisando se há diferença significativa entre o grau de cobertura vegetal nas áreas em estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à temperatura e a umidade pode-se observar na Tabela 1 que as diferentes áreas estudadas apresentam diferenças significativas, demonstrando que o grau de cobertura arbórea influencia diretamente nas variáveis, onde a Praça da Prefeitura apresenta temperatura mais baixa e umidade mais elevada devido ao seu maior grau de arborização. Silva, Xavier e Alvarez (2015) também encontraram resultados semelhantes nas áreas com maior cobertura vegetal.

Martelli e Santos Jr (2015) em seu estudo sobre conforto térmico em Itapira- São Paulo o local com maior grau de arborização sempre manteve temperaturas inferiores aos demais, assim como maior umidade o que contribui para qualidade de vida urbana. Specian et. al. (2013) encontrou diferenças de até 4°C de temperatura e 19% de umidade em Iporá - Goiás analisando um remanescente de cerrado e uma área urbana.

Chebel et al. (2011) afirma que a disposição dos indivíduos arbóreos influencia na redução ou aumento da temperatura e umidade do local impactando diretamente no conforto térmico, neste estudo observa-se que a praça do Pico é a mais desconfortável pois além do baixo grau de arborização suas árvores encontram-se muito distantes umas das outras.

Tabela 1. Médias de temperatura e umidade das áreas em estudo

	Temperatura	Umidade
Prefeitura	31,1917 c	57,9167 a
Seis de Janeiro	32,1333 b c	54,5833 a
Pico	34,8417 a b	46,9167 b
Sol Pleno	37,0000 a	45,0000 b

Ao analisar os índices de desconforto térmico (IDT) e o de temperatura e umidade (ITU) observa-se entre os locais, Praça da Prefeitura e Pico há diferenças significativas o que se deve a diferença de cobertura vegetal e aumento da incidência solar em material que absorve muito calor, assim a praça do pico que é pavimentada apresenta-se mais desconfortável e com menor índice de temperatura e umidade, semelhante à testemunha uma área totalmente pavimentada.

Corroborando com estes resultados Freitas et al. (2013) analisando as condições microclimáticas na Universidade Federal da Paraíba também encontraram menores valores de IDT em ambientes com presença de massa vegetal se comparado com áreas sem cobertura vegetal e com superfície coberta com concreto.

Os dados mostram que há diferenças significativas para ICH e IDH com relação à Praça da Prefeitura comparada a do Pico e a testemunha, porém analisando ao longo do grau de aumento da arborização percebe-se que a vegetação não consegue suprimir o calor, ressaltando que as medições foram feitas em um horário que geralmente a cidade apresenta altas temperaturas.

Tabela 2. Médias dos índices avaliados das áreas em estudo

Índices	ITU	IDT	ICH	IDH
Prefeitura	28,5582 c	27,3057 b	25,8067 c	80,2543 b
Seis de Janeiro	29,2011 b c	27,6916 a b	26,7426 b c	81,1455 a b
Pico	31,1214 a b	28,8443 a b	29,4378 a b	83,8089 a b
Sol Pleno	31,7513 a	29,2774 a	30,2030 a	84,6933 a

4. CONCLUSÃO

Em vista dos dados apresentados, conclui-se que o grau de arborização influencia diretamente na temperatura e umidade nas praças além de proporcionar um conforto/desconforto térmico e humano.

Na praça com mais vegetação a temperatura foi menor e a umidade maior, gerando então um maior conforto térmico e humano, sendo o contrário também verdadeiro.

Outro fator que contribuiu para um desconforto na praça menos arborizada foi o fato de sua vegetação estar mais dispersa, permitindo então maior incidência da radiação solar e a absorção do calor pela pavimentação.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Meteorologia do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) pelo empréstimo do equipamento utilizado nas medições deste trabalho. Aos colegas de turma Larissa, Lucas, Lunalda e ao Prof. Dr. Rafael Marian Callegaro pela ajuda nas coletas dos dados.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. V. 2008. **Avaliação da escala de influência da vegetação do microclima por diferentes espécies arbóreas**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CHEBEL, L. L. et al. VEGETAÇÃO E CONFORTO TÉRMICO EM ESPAÇOS URBANOS ABERTOS. **Fórum Patrimônio**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 23-42, 2011.
- CIDADE-BRASIL. **Município de Alegre**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-alegre.html>>. Acesso em: 01 Abr. 2019.
- FRANÇA, M. S. de et al. ESTIMATIVA DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO NA CIDADE DE CUIABÁ/MT. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 141-151, 2015.
- FREITAS, A. F.; SANTOS, J. S.; LIMA, R. B. Análise da variação microclimática em diferentes níveis de fragmentação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 9, n. 1, p. 226-236, 2016.
- FREITAS, A.F. et al. Avaliação microclimática em dois fragmentos urbanos situados no Campus I e IV da Universidade Federal da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 4, p. 777-792, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Alegre**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/alegre/panorama>>. Acesso em: 01 abr. 2019.
- MARTELLI, A.; SANTOS JR, A.R. Arborização Urbana do município de Itapira- SP: perspectivas para educação ambiental e sua influência no conforto térmico. **Revista Eletrônica em Gestão e Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 1018-1031, 2015.
- SILVA, B. A.; XAVIER, T. C.; ALVAREZ, C. E. A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO PARA A CONDIÇÃO MICROCLIMÁTICA DE VITÓRIA (ES). **Cidade Verde**, v. 3, n. 8, p. 1-15, 2015.
- SILVA, E. D. **ESTUDO CLIMÁTICO E MORFOLÓGICO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO**. 2005. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- SPECIAN, V.; SILVA JUNIOR, U. P.; VECCHIA, F. A. S. Padrão térmico e higrométrico para dois ambientes de estudo: área urbanizada e remanescente de cerrado na cidade de Iporá-GO. **Revista Espaço & Geografia**, v. 16, n. 1, 2013.
- VORMITTAG, M. H. E. **Como as áreas verdes geram benefícios para a saúde**. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/artigo/como-areas-verdes-nas-cidades-geram-beneficios-para-saude/>>. Acesso em: 01 Abr. 2019.

Capítulo 18

ESTUDO DA COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DO AMBIENTE ESCOLAR NA IMERSÃO DO ALUNO NO CONTEÚDO DE BOTÂNICA

Leticia Rigo Tavares¹, Gabriel Permanhane da Silva¹, Suelane Costa Dos Santos¹

¹ Departamento de Biologia, Centro Universitário São Camilo, Brasil

Autor correspondente: leticiarigot@hotmail.com

Resumo: O ensino de botânica é marcado por muitos termos, de caráter conteudista onde tampouco se exploram alternativas de apoio didático. Aulas ao ar livre, incluindo o próprio espaço escolar, podem ser eficazes por meio do estudo da vegetação presente nos limites físicos da escola. O presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo sobre a composição florística da vegetação de Angiospermae presente no espaço escolar e promover aulas por meio de trilhas guiadas. A família mais expressiva foi Fabaceae, representada por quatro espécies, seguida da família Araceae, com duas. Em relação a origem, 78% eram exóticas e 22% nativas. Os alunos desconheciam sobre a composição florística escolar e muitos tinham a ideia de que as espécies eram pertencentes à flora brasileira. Enaltecer e ressaltar a importância das plantas para o meio ambiente, apresentando dados científicos aos alunos e demonstrando como eles se aplicam ao conhecimento, faz com que o ensino e a aprendizagem sejam mais instigantes e, portanto, mais eficazes.

Palavras chave: Arborização; Educação; Flora brasileira; Práticas didáticas.

STUDY OF FLORISTIC COMPOSITION OF SCHOOL ENVIRONMENT IN IMMERSION OF STUDENT IN BOTANICAL CONTENT

Abstract: The teaching of botany is marked by many terms, of a contentist nature where neither alternatives of didactic support are explored. Outdoor lessons, including the school space itself, can be effective by studying the vegetation within the physical boundaries of the school. The present work aimed to conduct a study on the floristic composition of Angiospermae vegetation present in the school space and to promote classes through guided trails. The most expressive family was Fabaceae, represented by four species, followed by the Araceae family, with two. Regarding origin, 78% were exotic and 22% native. The students were unaware of the school floristic composition and many had the idea that the species belonged to the Brazilian flora. Boasting and emphasizing the importance of plants for the environment, presenting students with scientific data and demonstrating how they apply to knowledge makes teaching and learning more exciting and therefore more effective.

Keywords: Afforestation; Education; Brazilian flora; Didactic practices.

1. INTRODUÇÃO

A botânica consta como conteúdo nos níveis de ensino fundamental e médio, contribuindo para a construção de um entendimento botânico básico e alicerçando uma compreensão maior de outros temas das ciências naturais (SANTOS, 2006), relacionando-se com aspectos da vida, como alimentação, vestimenta e manutenção dos ecossistemas (THAIN; HICKMAN, 2004).

Este tópico sofre, porém, de uma abordagem engessada em uma perspectiva tradicional de ensino, associando-se pouco com a realidade dos estudantes e conectando insatisfatoriamente o conteúdo teórico escolar à dinâmica ecológica na qual o ser humano se encontra (BITENCOURT, 2013). Além disso, há um tratamento muito tecnicista dos termos botânicos, em que os alunos classificam o conteúdo de Botânica como algo teórico, desinteressante e de difícil aprendizado (KINOSHITA et al., 2006; CAETANO et al., 2007).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN's (BRASIL, 2001), "a aprendizagem será significativa quando a referência do conteúdo estiver presente no cotidiano da sala de aula e quando se considerar o conhecimento que o aluno traz consigo, a partir da sua própria vivência". Assim, as aulas de ciências que exploram ambientes naturais têm sido apontadas como uma metodologia eficaz em envolver e motivar crianças e jovens na busca pelo entendimento dos seres vivos e superar a fragmentação do conhecimento (SENICIATO & CAVASSAN, 2004).

Contudo, é observado que no ensino de Botânica, tampouco são exploradas alternativas de apoio didático, como, por exemplo, aulas ao ar livre, incluindo o próprio espaço escolar (NUNES et al., 2015), dado que o estudo da vegetação presente na área pode se revelar como uma alternativa de interação entre os alunos e a natureza. Além disso, a utilização de material vegetal vivo desperta o aluno e permite que ele relacione o conteúdo teórico de sala de aula com aspectos do seu cotidiano e com o próprio conhecimento em construção (PEREIRA; GOUVEIA, 2004).

Conforme Maragon, Soares e Feliciano (2003) afirmam, para se ter conhecimento e entendimento a respeito da complexa dinâmica que está inserida uma dada vegetação, são essenciais estudos sobre a composição florística do local.

Tendo em vista a ausência de ferramentas didáticas e aulas exploratórias ao ar livre, o presente trabalho teve como objetivo estudar a composição florística de Angiospermae presente no espaço escolar, e a partir disso, promover aulas através de trilhas guiadas, apresentando as espécies nativas e exóticas e demonstrações práticas de conceitos transmitidos teoricamente, solidificando o conteúdo trabalhado em sala de aula, como uma alternativa para o ensino de Botânica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Fraternidade e Luz no ano de 2018, localizada em Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo (20°51'13"S e 41°06'44"W), que oferta os ensinos fundamental e médio, abrangendo um total de 638 alunos. A instituição possui em seus limites uma vegetação arbórea expressiva de caráter majoritariamente ornamental, cultivada há décadas atrás pelo corpo escolar.

Figura 1. Área da Escola Estadual Fraternidade e Luz, Cachoeiro de Itapemirim, ES

Fonte: Google Earth (2019).

Inicialmente, no mês de agosto, foram feitas observações a respeito da vegetação escolar, bem como o registro de fotos de cada planta, com o critério de seleção de altura ≥ 40 cm. Para as plantas que *in locu* desconheciasse a sua identificação, foram coletadas amostras botânicas para elaboração de exsicatas e posterior comparação com bibliografias especializadas (SOUZA e LORENZI, 2014); (LORENZI, 2008) e consultas em herbários virtuais (FLORA DO BRASIL, 2019). A identificação também contou a ajuda de professor especialista, sempre visando o menor nível taxonômico possível.

Após a identificação das espécies, os indivíduos foram classificados quanto a família, espécie, origem e hábito, sendo consideradas nativas as espécies pertencentes à flora brasileira. Em relação a origem, foram consultadas bibliografias, como Lorenzi (2003) e Lorenzi (2008). Para as famílias botânicas seguiu-se a classificação APG (APG IV, 2016). Os dados referentes aos hábitos foram obtidos de observações *in locu*, de exsicatas e de literatura adaptada de IBGE (2012).

No mês de setembro, foram realizadas trilhas guiadas pela escola com as turmas, com duração de 1h30min, oportunamente coincidindo com o período de conclusão do conteúdo programático do Reino Plantae, exercendo uma fixação prática da matéria abordada. Foram percorridos dois ambientes diferentes do espaço físico escolar: o pátio interior da escola, com canteiros gramados e diversas espécies de herbáceas ornamentais e poucas espécies arbóreas, e um terreno externo da escola, onde funciona um estacionamento e transição para o ambiente da rua, contando com árvores de médio e grande porte.

Foi feita uma breve revisão sobre os aspectos ecológicos e morfológicos de cada espécie, evidenciando características estudadas como filotaxia, morfologia da flor, fruto e sementes, hábito e arquitetura de cada árvore, com ênfase para as Angiospermae. Houve também a abordagem de particularidades biogeográficas, como a naturalidade e origem das espécies, adaptação de espécies exóticas e os nomes científicos e populares, abrindo espaço para perguntas ao longo da trilha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas 16 espécies e dois gêneros, totalizando 18 espécies diferentes, pertencentes a 14 famílias (Tabela 1).

Tabela 1. Relação da composição florística, com a família e espécie, nome popular, origem e hábito encontrado na Escola Estadual Fraternidade e Luz, Cachoeiro de Itapemirim, ES

Família	Espécie	Nome popular	Origem	Hábito
Acanthaceae	<i>Ruellia simplex</i> C. Wright	Petúnia	Nativa	Subarbusto
Araceae	<i>Caladium</i> sp	-	Nativa	
	<i>Syngonium angustatum</i> Schott	Singônio	América Central	Liana
Araliaceae	<i>Schefflera arboricola</i> (Hayata) Merr.	Cheflera	Ásia	Arbusto
Asparagaceae	<i>Cordylone fruticosa</i> (L.) A. Chev	Coqueiro-de-Vênus/ Lírio-Palma/ Peregrum,	Ásia/Oceania	Erva
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl.)	Ipê roxo	Nativa	Árvore
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> Linn	Castanheira/ Arvore-de-Anoz/ Chapéu-de-Sol	Malásia	Árvore
Euphorbiaceae	<i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L.) Poit.	Sapatinho-do-Diabo/ Dois-Amores/ Dois-irmãos/ Pedilanto	América Central e do Sul	Erva
Fabaceae	<i>Adenanthera pavonina</i> Linnaeus	Olho-de-dragão/ Carolina	Índia/Malásia	Árvore
	<i>Albizia lebbbeck</i> (L.) Benth	Albizia/ Coração-de-Negro/ Faveiro	Ásia	Árvore
	<i>Cassia fistula</i> L.	Chuva-de-ouro/ Canafístula	Ásia	Árvore
	<i>Delonix regia</i> (Hook.) Raf.	Flamboiã/ Acácia-rubra	Madagascar	Árvore
Iridaceae	<i>Trimezia steyermarkii</i> R.C.Foster	-	América Central e do Sul	Erva
Lamiaceae	<i>Clerodendrum splendens</i> G.Don	Clerodendro-Vermelho/ Clerodendro-Trepador	Ásia	Liana
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i> D.C.	Acerola	Antilhas, América Central e do Sul	Árvore
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i> L.	Calabura	América Central e do Sul	Árvore
Musaceae	<i>Heliconia</i> sp.	Caeté/ Bananeira do Mato	Nativa	Erva
Rutaceae	<i>Murraya Paniculata</i> (L.) Jack	Murta-de-cheiro/Dama-da-noite	Ásia	Arbusto

Fonte: Autores (2020).

A família mais expressiva foi Fabaceae, representada por quatro espécies, seguida da família Araceae, com duas. Todas as outras famílias foram representadas por uma única espécie. A nível de comparação deste estudo com outros, em um levantamento feito por Batista et al. (2016), de composição florística em pátios escolares, a família mais representativa ao número de espécies também foi Fabaceae, com três espécies encontradas.

A natureza associativa desta família com espécies fixadoras de nitrogênio se reflete em uma alta capacidade de adaptação a ambientes e condições limitantes. Essas características conferem a família uma

ampla distribuição geográfica e riqueza florística, ocupando deste o extrato herbáceo até o arbóreo (SILVA, 2013). Foi discutida a predominância da família com os alunos, associando o tema a espécies mais cotidianas, como o feijão e o ingá, observando sempre a diversidade de hábitos ocupados pela mesma família e seu importante papel ecológico no ciclo do nitrogênio.

Figura 2. Relação dos hábitos das espécies encontradas na Escola Estadual Fraternidade e Luz, Cachoeiro de Itapemirim, ES

Fonte: Autores (2020).

A maioria das espécies apresentou porte arbóreo (44%) (Figura 2), predominantemente na área externa da escola, onde a arborização está estabelecida há décadas, com a maior parte dos indivíduos alcançando 10 metros de altura. Destaca-se a presença de uma grande quantidade de árvores recém cortadas na faixa da escola, e uma progressiva substituição das espécies por mudas nativas, principalmente variedades de Ipê (Tabebuia sp.).

No ambiente interno da edificação, dominaram as ervas (28%), arbustos (11%) e subarbustos (6%) ornamentais, as quais apresentaram um bom estado de manutenção pela equipe escolar.

Em conversa com funcionários antigos da instituição, não havia o conhecimento da época exata do plantio nem o padrão de escolha das espécies, antecedendo a entrada de todos os membros atuais da equipe. Algumas espécies encontradas, sobretudo na área externa, podem ter surgido espontaneamente, por dispersão zoocórica ou anemocórica, principalmente espécies herbáceas, tendo sido consideradas aquelas cujo comprimento da planta fosse ≥ 40 cm.

Segundo Ziller (2001), as espécies exóticas, representadas em 78% neste estudo (Figura 3), podem ser utilizadas desde que seja de forma cautelosa, pois estas podem se tornar uma ameaça aos ecossistemas, às populações e às outras espécies, causando impactos socioculturais e ambientais. Quando questionado aos alunos sobre o conhecimento acerca da origem das espécies presentes, muitos afirmaram ao longo da trilha que as espécies apresentadas

Figura 3. Relação das espécies nativas e exóticas na área da Escola Estadual Fraternidade e Luz, Cachoeiro de Itapemirim, ES

Fonte: Autores (2020).

eram do Brasil, o que era desmistificado e assim, exposto que quando na verdade, somente 22% das espécies eram nativas. Países tropicais possuem a característica de oferecerem um ótimo abrigo para espécies vegetais exóticas, não só pelo clima e substrato favoráveis ao seu estabelecimento e propagação, como também pela ausência de competidores, predadores e parasitas (LORENZI, 2000). Esses fatores se somam à alta taxa de crescimento, alta produção de flores, sementes e frutos, pioneirismo e alelopatia dessas espécies, tornando-as potenciais invasoras (PARKER et al., 1999; GENOVESI, 2005).

D'Antonio e Kark (2002) já registraram uma frequência maior de espécies exóticas em fragmentos nativos próximos a áreas urbanas em decorrência dessas características. Pôde-se perceber ao longo da aula o estranhamento dos alunos diante de espécies nativas características da região, como o Ipê (Tabebuia impetiginosa), e uma grande familiaridade com espécies exóticas e naturalizadas, como a castanha (Terminalia catappa), e principalmente aquelas das quais fazem algum uso, como a acerola (Malpighia emarginata). Nestes casos, foram capazes de reconhecer tais espécies sem a presença de frutos ou flores, apenas pelo aspecto visual e arquitetura do corpo da planta. Através de uma prática didática que leve em conta um estudo preliminar da área na qual os alunos têm contato diariamente, como a escola, se torna possível, em iniciativas futuras, direcionar esforços para que o conteúdo de fato se atrele à experiência de vida do aluno e faça sentido para ele. Além disso, aproximar os alunos ao conhecimento a respeito da flora brasileira desperta o interesse deles para

questões vitais como a manutenção e conservação da biodiversidade (OLIVEIRA; ALBUQUERQUE; SILVA, 2012), em uma realidade em que, na maior parte do tempo, têm contato apenas com ambientes arborizados artificialmente.

4. CONCLUSÃO

O ambiente escolar estudado caracteriza-se como uma área com potencial para estudos de composição florística, e com o envolvimento dos alunos, pode contribuir para uma sensibilização ambiental e fazer com que esses indivíduos promovam a manutenção da vegetação, não somente no entorno da escola, mas também nos ambientes além do espaço escolar.

Além disso, é importante que aulas diferenciadas aconteçam, como as trilhas guiadas, promovendo uma conexão entre a realidade dos alunos e o conteúdo, aproveitando o próprio espaço escolar para fazer pesquisas e utilizar estes dados para as aulas.

A partir dos resultados gerados por meio deste trabalho, podem ser utilizadas as amostras das espécies encontradas na área, para confecção de um herbário escolar, como uma outra ferramenta de ensino para botânica, em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v.181, p.1-20, 2016.
- BATISTA, E. M. C. et al. Composição de espécies e índices arbóreos nos pátios de três escolas de Gurupi - Tocantins. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 18, n. 2, p. 6-15, jul./dez. de 2016.
- BITENCOURT, I. M. **A Botânica no Ensino Médio: Análise de uma Proposta Didática baseada na Abordagem CTS**. Dissertação (Mestrado); Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Jequié/BA. 2013.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**; Meio ambiente e Saúde. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental, v. 9; 3. ed.; p.15- 54. Brasília, 2001.
- CAETANO, A. P. de S.; MOREIRA, C. S.; CARMO-OLIVEIRA, R. Atividade extraclasse: uma proposta para o ensino de botânica. In: Caetano, A. P. de S. et al. (Ed). II Encontro Nacional de Ensino de Biologia & I Encontro Regional de Ensino de Biologia da Regional 04-Uberlândia: 2007. **Anais do II Encontro Nacional de Ensino de Biologia & I Encontro Regional de Ensino de Biologia Regional 04**. Uberlândia: SBenBio, 2007.
- D'ANTONIO, C. M.; KARK, S. **Impacts and extent of biotic invasions in terrestrial ecosystems**. **Trends in Ecology and Evolution**, 2002, 17: 202-204.
- DEAN, W. **A ferro e fogo - A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. Companhia das Letras, São Paulo, 1996.
- FLORA DO BRASIL 2020 (em construção). **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br> (28/08/2019).
- GENOVESI, P. Eradications of invasive alien species in Europe: a review. **Biological Invasions**, 2005, 7: 127-133.
- IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2ª edição revista e ampliada. IBGE, Rio de Janeiro, 2012.

KINOSHITA, L. S.; TORRES, R. B.; TAMASHIRO, J. Y. & FORNI- MARTINS, E. R. A botânica no ensino básico: relatos de uma experiência transformadora. São Carlos: **RiMa**, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 384p.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. 1.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 368p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: Terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3ª ed. Nova Odessa, São Paulo, Brasil, 2000, 69pp.

LORENZI. **Botânica Sistemática: Guia Ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P. Florística arbórea da Mata da Pedreira, município de Viçosa, Minas Gerais. **Rev. Árvore**, vol.27, n.2, pp. 207-215, 2003.

NUNES, M. J. M. et al. Herbário didático como ferramenta diferenciada para a aprendizagem em uma escola de ensino médio em Parnaíba, Piauí. **Momento**, v. 24 n. 2, p. 41-55, jul./dez. 2015.

OLIVERA, L. T.; ALBUQUERQUE, I. C. S.; SILVA, N. R. R. Jardim didático como ferramenta educacional para aulas de botânica no IFRN. **Holos** 28, v.4, 2012, p. 242-249.

PARKER, I. M. et al. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions**, 1: 3-19, 1999.

PEREIRA, M. G. & GOUVEIA, Z. M. M. O ensino de Biologia através de materiais botânicos e suas implicações no processo de ensino e aprendizagem. **Encontro sobre Perspectivas do Ensino de Biologia**, v.9, 2004, 166p.

SANTOS, F. S. A Botânica no Ensino Médio: Será que é preciso apenas memorizar nomes de plantas? In C. C. Silva (Org.), Estudos de história e filosofia das ciências: Subsídios para aplicação no ensino (p.223-243). São Paulo: **Editora Livraria da Física**, 2006.

SENICIATO, Tatiana; CAVASSAN, Osmar. Aulas de campo em ambientes naturais e aprendizagem em ciências – um estudo com alunos do ensino fundamental, **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 133-147, 2004.

SILVA, A. C. S.; et al Flowering plants of the Grota do Angico Natural Monument, Caatinga of Sergipe, Brazil. **Check List**, v. 9, n. 4, p. 733-739, 2013.

SOUZA, H. M.; LORENZI, H. **Chave de Identificação - Para as principais famílias de Angiospermas e Gimnospermas nativas e cultivadas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014.

THAIN, M.; HICKMAN, M. **Dictionary of Biology**. 11.ed. Londres: The Penguin Books, 2004.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 178, p. 77-79, 2001.

Capítulo 19

ZONEAMENTO AGROCLIMÁTICO DE *EUTERPE EDULIS* MART.

Marcus Vinicius Campos Gall¹, Evandro de Araujo Vieira Junior¹, Alex Justino Zacarias¹, Gleick Cruz Ribeiro¹, Gabriel Victor Ferreira Sanguini¹, João Batista Esteves Peluzio¹, Telma Machado de Oliveira Peluzio¹

¹ Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus de Alegre, Espírito Santo, Brasil
Autor correspondente: tmpeluzio@hotmail.com

Resumo: O zoneamento agroclimático, delimita a aptidão de diferentes regiões quanto ao clima; permitindo a escolha de locais mais indicados para o plantio de diversas culturas. O objetivo deste estudo foi realizar o zoneamento agroclimático da juçara para o município de Alegre, ES. Foram utilizadas as variáveis de temperatura (°C) e deficiência hídrica (mm). Posteriormente, foi realizada a reclassificação a partir das exigências da cultura. Sendo obtidos indicativos de área aptas, aptas com irrigação ocasional, aptas com irrigação complementar, e aptas com irrigação obrigatória. Na sequência foi realizado o zoneamento, utilizando a combinação das reclassificações de temperatura e deficiência hídrica. É possível afirmar que 91,55% da área de Alegre- ES é apta ao cultivo da juçara, e 7,26 % da área é apta com necessidade de adoção de irrigação, e 1,19 % são inapropriadas.

Palavras chave: Extrativismos; Sistema de informação geográfica; Sensoriamento remoto.

AGROCLIMATIC ZONE OF *EUTERPE EDULIS* MART.

Abstract: Agroclimatic zoning delimits the climate suitability of different regions; allowing the choice of the most suitable places for planting different crops. The objective of this study was to perform juçara agroclimatic zoning for the municipality of Alegre, ES. The variables temperature (°C) and water deficit (mm) were used. Subsequently, reclassification was performed based on crop requirements. Being indicative of suitable areas, apt with occasional irrigation, apt with complementary irrigation, and apt with obligatory irrigation. Subsequently, zoning was performed using the combination of temperature and water deficit reclassifications. It is possible to state that 91.55% of the Alegre-ES area is suitable for juçara cultivation, and 7.26% of the area is suitable with need of irrigation, and 1.19% are inappropriate.

Keywords: Extractivism; Geographic Information System; Remote Sensing

1. INTRODUÇÃO

A *Euterpe edulis* Mart., conhecida popularmente como juçara no Brasil, tem como local de origem a Mata Atlântica. Que ao longo dos anos sofreu grande exploração, com o intuito de retirar apenas o palmito (SILVA et al., 2011). Culminado com a inclusão na lista de espécies brasileiras ameaçadas de extinção (MMA, 2014).

Vale ressaltar, que a juçara possui múltiplos usos, não só o palmito é aproveitado, também o caule para ripas e o fruto para consumo, que em dias atuais está ganhando cada vez mais espaço no mercado. Apresentando-se como mais uma fonte de renda para o agricultor.

Antes de iniciar qualquer forma de cultivo, é necessário levantar a real potencialidade de sucesso, e para isto, existem diversas ferramentas que contribuem para tal, evitando o desperdício de tempo e recursos.

Dentre as ferramentas, o zoneamento agroclimático delimita a aptidão de diferentes regiões quanto ao clima em escalas macro climáticas e regionais; com a qual é possível escolher os locais mais indicados para o plantio de diversas culturas, visando rentabilidade e conservação dos recursos naturais (WOLLMAN; GALVANI, 2013). O que já é realizado para várias culturas de alto valor econômico, tais como café, soja, milho, dentre outras.

Pelo exposto objetiva-se, realizar o zoneamento agroclimático da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.) para o município de Alegre, ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Alegre, ao sul do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas 20° 31' e 20° 55' Sul e longitudes 41° 21' e 41° 39' Oeste de Greewinch, com uma área de 773,40 km² (FIGURA 1).

O clima da região, segundo a classificação de Koppen, é Cwa, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso. De maneira geral, a topografia possui relevo bastante acidentado. A agricultura da região é constituída por culturas de subsistência, café e, predominantemente, as pastagens, e remanescentes florestais nativos (EUGÊNIO, et al. 2014).

Figura 1. Localização da área de estudo

Fonte: Autores (2020).

Para realização do zoneamento agroclimático, utilizou-se as variáveis de temperatura (°C) e deficiência hídrica (mm), conforme critério de Silva et al. (2011) (TABELA 1).

Os dados utilizados para espacialização da deficiência hídrica anual e temperatura média anual, foram gentilmente cedidos por Santos et al. (2015), advindos de uma série histórica meteorológica de 30 anos.

Tabela 1. Critérios para classificação da aptidão das áreas em estudo

Critérios	Apta	Restrita	Inapta
Temperatura (°C)	20 a 26	17 a 19,9 26,1 a 28	<17 e >28,1
Deficiência hídrica (mm)	<100	100,1 a 200	>200,1

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2011).

As imagens matriciais de temperatura mensal foram obtidas por meio de regressão linear múltipla de acordo com metodologia proposta por Santos et al. (2015). Enquanto as imagens matriciais de deficiência hídrica mensal foram obtidas por meio do balanço hídrico climatológico, considerando a Capacidade de Água Disponível (CAD) dos solos do município de Alegre, ES, de acordo com metodologia proposta por Omena (2014), adaptada de Thornthwaite e Mather (1955).

A reclassificação espacial das características climáticas da região foi realizada com base nas exigências climáticas da cultura (TABELA 1) permitindo a obtenção de áreas aptas, aptas com irrigação ocasional (AIO), aptas com irrigação complementar (AICO), e aptas com irrigação obrigatória (AIOB).

No zoneamento agroclimatológico houve a sobreposição dos mapas de aptidão da cultura, combinando as imagens matriciais, para a geração das características agroclimáticas em relação a temperatura e déficit hídrico favoráveis para a implantação da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.), bem como a exclusão das áreas inapropriadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, observa-se a interpolação da temperatura média em A, interpolação da deficiência hídrica anual em B para o município de Alegre-ES. A reclassificação da temperatura em °C (C), e deficiência hídrica em mm (D), são representados na Figura 3.

Figura 2. Interpolação da temperatura média em A, interpolação da deficiência hídrica anual em B

Fonte: Autores (2020).

Figura 3. A reclassificação da temperatura em °C (C), e deficiência hídrica em mm (D) para o cultivo da juçara em Alegre, ES

Fonte: Autores (2020).

Na Figura 4, é apresentado o zoneamento da área de aptidão e inaptidão para o cultivo da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.). Em que, as variáveis de temperatura e déficit hídrico serviram de base à reclassificação, mediante as combinações entre as características do município, com as exigências impostas pela cultura em questão.

As regiões com menores índices de deficiência hídrica possuem maiores altitudes. Logo, apresentam temperaturas mais baixas, o que ocasiona menor evapotranspiração. Segundo Carvalho (1993), a palmeira juçara ocorre em regiões com precipitação média anual entre 1.000 a 2.200 mm, mostrando melhor crescimento em regiões com índices pluviométricos superiores a 1.500 mm, distribuídos de maneira uniforme. A espécie ocorre também em regiões com estacionalidade (Florestas Estacionais), tolerando uma estação seca de até três meses, com déficit hídrico leve.

Silva et al. (2011), em zoneamento agroecológico para o pau-brasil e a juçara, no estado Espírito Santo, indicaram que 54,21% das áreas do estado, são aptas ao cultivo desta palmeira.

Gasparini et al. (2015), afirmam que áreas inaptas ao cultivo da juçara, são consideradas aptas para o cultivo do açaí; desta forma, indicam que no município de Alegre, é possível produzir frutos e palmito de juçara e açaí, sem que uma cultura prejudique a outra, o que favorece ainda mais a diversificação e ampliação econômica dos cultivos.

O zoneamento da área de aptidão e inaptidão para o cultivo da palmeira juçara (FIGURA 4), evidencia a grande aptidão de Alegre no cultivo dessa espécie, resultado similar ao de Silva et al. (2011), e Guimarães e Souza (2017).

Possibilitando ao agricultor diversificar mais o cultivo de diferentes espécies, contribuindo assim com a melhoria das condições de vida do homem do campo.

Figura 4. Zoneamento da área de aptidão e inaptidão para o cultivo da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.)

Fonte: Autores (2020).

4. CONCLUSÃO

Utilizando a técnica do zoneamento é possível afirmar que o município de Alegre possui aptidão agroclimatológica ao cultivo de juçara. A metodologia pode ser utilizada para várias outras cultivares.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre. A Fundação de Amparo a Pesquisa e Inovação do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P.E. Silvicultura de espécies nativas do Brasil. **Embrapa**. Curitiba-PR. 705p. 1993.
- EUGÊNIO, F.C.; PELUZIO, T.M.O.; PEREIRA, A. A.B.; SANTOS, A. R.DOS; BRAGANÇA, R.; FIEDLER, N.C.; PAULA, E.N.S.O. Zoneamento agroclimático do Coffea Canephora para o Espírito Santo mediante interpolação espacial. **Coffe Science**, v.9, p. 319-328,2014.
- GASPARINI, K. A. C.; FONSECA, M. D. S.; PASTRO, M. S.; LACERDA, L. C.; SANTOS, A. R. Zoneamento agroclimático da cultura do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) para o estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**. v. 708 46, n. 4, p. 707-717, out-dez, 2015.
- GUIMARÃES, L. A. de O. P.; Souza, R. G. de. **Palmeira juçara: patrimônio natural da Mata Atlântica no Espírito Santo**. Editora INCAPER, 2017, 66p.
- MMA. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção**. PORTARIA Nº 443, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014.
- SANTOS, A. R.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SEDIYAMA, G. C.; PELUZIO, J. B. E.; PEZZOPANE, J. E. M.; BRAGANÇA, R. **Zoneamento agroclimático no ArcGIS 10.3.1: passo a passo** [e-book]. Alegre/ES: CAUFES. 2015.
- SILVA, K. R.; PLASTER, O. B.; PEREIRA, D. P.; SANTOS, A. R.; CECILIO, R. A. Zoneamento Agroecológico para *Cesalpinia echinata* e *Euterpe edulis* no estado do Espírito Santo. **Revista Floresta**. v. 41, n.3, p. 655-664. Jul/set. 2011.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**.v. 8, n. 1, p. 104, 1955.
- WOLLMANN C. A.; GALVANI E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia. v. 25, n. 1, p. 179-190, jan/abr, 2013.

PARTE II

Silvicultura

A silvicultura começa antes mesmo do plantio, seja por meio do planejamento, da primeira intervenção da cobertura vegetal ou propagação de plantas.

Capítulo 20

INTRODUÇÃO À SILVICULTURA

*Túlio Barroso Queiroz
Thuanny Lins Monteiro Rosa
Caroline Tavares Firmino
Nathalia Gabriele Franca Dias
Laís Gonçalves Pires de Souza*

A silvicultura brasileira aliada às condições edafoclimáticas e motivada pelos múltiplos usos da madeira mantém em constante inovação no que diz respeito ao cultivo de florestas nativas e plantadas. Neste cenário, ainda que existe alta competitividade na economia de mercado a fim de produzir matéria-prima em menor custo somos surpreendidos com um novo paradigma. A colaboração entre Universidades, Institutos e Empresas ultrapassam os limites da concorrência e desenvolvem programas cooperativos com o intuito de criar novos métodos e técnicas para aumentar a produtividade.

A silvicultura começa antes mesmo do plantio, seja por meio do planejamento, da primeira intervenção da cobertura vegetal ou propagação de plantas. O melhoramento genético, os programas de nutrição e fertilidade, o gerenciamento dos viveiros, o cultivo mínimo, os sistemas agroflorestais e as atividades de desbaste e desrama ainda apresentam questões que não foram respondidas. Os capítulos a seguir reúnem o que há de mais novo no contexto dessa abordagem e pode ser usado como ferramenta para entender uma pequena parte das interações entre vegetação, sistemas climáticos e solo que fazem com que a produtividade e diversidade florestal do Brasil mantenha uma posição de destaque no mundo.

Capítulo 21

RESPOSTA DO ESPAÇAMENTO DE PLANTIO NO CRESCIMENTO DE *Anadenanthera peregrina* AOS SETE ANOS DE IDADE

Paulo André Trazzi¹, Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Lucas Dambróz Beccalli¹;
Larissa Gomes Rodrigues¹, Byanca Kettlynn Santos Machado¹, Juscelina Arcanjo Dos
Santos²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (Ufla), Brasil

Autor correspondente: patrazzi@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento do angico (*Anadenanthera peregrina*) aos sete anos de idade em função de cinco espaçamentos de plantio. O plantio experimental foi estabelecido em delineamento em blocos casualizados com repetições (parcelas). Foram avaliados cinco tratamentos (espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 4,0 m e 5,0 m x 5,0 m) em 3 blocos. A escolha da melhor equação hipsométrica ajustada foi realizada com base nos critérios do erro padrão da estimativa em percentagem e do coeficiente de determinação ajustado em percentagem. O diâmetro a altura do peito (DAP), a altura total (H), a área basal por hectare (G) e o volume individual (Vi) do povoamento de angico aos sete anos de idade apresentaram diferenças significativas entre os espaçamentos. O espaçamento mais amplo (5,0 m x 5,0 m) apresentou DAP, H e Vi maiores que o espaçamento mais denso (3,0 m x 2,0 m) em 6,0%, 28,1% e 223,4%, respectivamente. O espaçamento mais denso apresentou G 65,2% maior que o espaçamento mais amplo. Considerando o volume total de madeira produzido, não houve diferenças entre os espaçamentos avaliados, o que permite inferir que espaçamentos densos e amplos podem ser indicados para plantios de angico. Entretanto, para melhor qualidade e maior valor agregado da madeira, é sugerido que o angico seja plantado em espaçamentos mais densos sob regime de manejo de desbastes precoces.

Palavras chave: Produtividade; Variáveis Dendrométricas; Sobrevivência; Angico.

PLANTING SPACING RESPONSE ON *Anadenanthera peregrina* GROWTH AFTER SEVEN YEARS

Abstract: The objective of this work was to evaluate the growth of angico (*Anadenanthera peregrina*) after seven years of planting as a function of five planting spacings. The experimental planting was established in a randomized block design with repetitions (plots). Five treatments were evaluated (spacing 3.0 m x 2.0 m, 3.0 m x 3.0 m, 4.0 m x 3.0 m, 4.0 m x 4.0 m and 5.0 m x 5.0 m) in 3 blocks. The best fit hypsometric equation was chosen based on the standard error of estimation and the percentage adjusted coefficient of determination. The diameter at breast height (DBH), total height (H), basal area per hectare (G) and individual volume (Vi) of angico stand at seven years showed significant differences among the spacings. The widest spacing (5.0 m x 5.0 m) presented DBH, H and Vi higher than the densest spacing (3.0 m x 2.0 m) by 6.0%, 28.1% and 223.4 %, respectively. The widest spacing (5.0 m x 5.0 m) presented DBH, H and Vi higher than the densest spacing (3.0 m x 2.0 m) by 6.0%, 28.1% and 223.4 %, respectively. The densest spacing presented G 65.2% greater than the widest spacing. Considering the total volume of wood produced, there were no differences between the evaluated spacing, which allows us to infer that dense and wide spacing can be indicated for angico plantations. However, for better wood quality and added value, it is suggested that angico be planted in denser spacing under early thinning management regime.

Keywords: Yield; Dendrometric Parameters; Survival; Angico.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é a uma grande potência florestal do mundo graças às suas condições naturais de solo, clima e disponibilidade de áreas contíguas com vocação florestal em seu território continental. As florestas plantadas em várias regiões do país são formadas basicamente com espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, constituindo aproximadamente 90% de todas as plantações florestais no país (IBA, 2017). Por outro lado, até o momento, são poucos os estudos relacionados à avaliação de espécies arbóreas nativas no Brasil, especialmente na forma de plantios puros, e por isso, as espécies arbóreas nativas e outras exóticas vêm atraindo interesse de pesquisadores.

Até o presente momento, estudos que busquem avaliar o uso silvicultural de espécies nativas, são incipientes ou escassos. Neste contexto, destaca-se a *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg, popularmente conhecida como angico. De acordo com Carvalho (2003), angico está entre as espécies do gênero com maior abrangência geográfica no Brasil e apresenta expressiva regeneração natural, ocorrendo indiferentemente em solos secos e úmidos; é tolerante a solos rasos, compactados, mal drenados e até encharcados, de textura média a argilosa. Apresenta crescimento moderado a rápido, madeira com cerne resistente, bastante durável servindo para construção civil e naval, produção de móveis, lenha, carvão e, entre outros usos, a casca do angico, por ser rica em tanino, é utilizada na medicina popular para produção de xaropes e para o curtimento de couro (LORENZI, 2000). É uma leguminosa arbórea que apresenta nódulos e micorrizas arbusculares nas suas raízes que apresentam papel importante na manutenção da diversidade e produtividade dos ecossistemas vegetais, e incrementam a dinâmica e aporte de nutrientes, contribuindo para a manutenção e aumento da qualidade do solo (GROSS et al., 2004; SOUZA et al., 2010).

O espaçamento de plantio é, provavelmente, uma das variáveis mais importantes para a qualidade e produtividade de matéria-prima a ser produzida. A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (SANTANA et al., 2013). Além de ter influência marcante na produção, o espaçamento afeta significativamente os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta, podendo afetar a qualidade final da madeira produzida (SCOLFORO, 1998).

Estudo realizado por Nascimento et al. (2012) relata que são inúmeros os estudos sobre espaçamentos de plantio para espécies tradicionais na silvicultura econômica, como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Entretanto, com relação às espécies arbóreas nativas não cultivadas tradicionalmente, como é o caso angico, são escassos trabalhos deste tipo, principalmente em plantios puros. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento do angico (*Anadenanthera peregrina*) aos sete anos de idade em função de cinco espaçamentos de plantio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os povoamentos de angico foram implantados em área do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, ES (IFES), na rodovia ES-482, km 47, distrito de Rive, município de Alegre, ES (coordenada geográfica central 20°46'15,46'' de latitude Sul e 41°27'13,04'' de longitude Oeste). O clima do município de Alegre é classificado como Aw (tropical com inverno seco), sendo a temperatura média anual de 23°C e precipitação anual em torno de 1.200 mm (BLAIN et al., 2010).

O plantio experimental foi estabelecido no delineamento em blocos casualizados com repetições (parcelas). Cada bloco continha no seu interior 15 unidades amostrais, que juntas ocupavam 2,25 ha de área plantada. Foram avaliados cinco tratamentos (espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 4,0 m e 5,0 m x 5,0 m) em 3 blocos. Cada bloco contou com 3 repetições por tratamento que foram distribuídas inteiramente ao acaso. Cada

repetição do experimento representava uma unidade experimental, constituída por um retângulo nas dimensões de 30 m x 50 m (1500 m² ou 0,15 ha).

As árvores foram medidas quanto ao seu diâmetro e altura, e contabilizadas para o balanço de sobrevivência. O diâmetro foi medido com auxílio de trena graduada em milímetros e a altura foi medida utilizando-se um clinômetro digital. Em cada parcela, foram medidos os DAP de todas as árvores com exceção daquelas que compunham a borda da parcela, que não foram utilizadas para os cálculos das variáveis de crescimento.

Para o conjunto de dados, foram ajustados dez modelos hipsométricos (Tabela 1) utilizando o Microsoft Excel®. As significâncias dos coeficientes foram avaliadas pelo teste t, a 5% de probabilidade. A escolha da melhor equação hipsométrica ajustada foi realizada com base nos critérios do erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) e do coeficiente de determinação ajustado em percentagem ($R^2_{aj}\%$). No caso de equações logaritmizadas, visto que essas equações tendem a subestimar os valores da altura, utilizou-se um fator de conversão, visando corrigir esse erro, por meio da multiplicação das alturas estimadas pelo Fator de Meyer (FM) para recalcular o erro padrão da estimativa, conforme descrito por Machado et al. (2015). O índice de ajuste de Schulaegel (IA) foi utilizado visando permitir a comparação com o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj}\%$) das equações de diferentes naturezas (MACHADO et al., 2015).

Tabela 1. Modelos de relação hipsométrica ajustados para o conjunto de dados obtidos nos povoamentos de *Anadenanthera peregrina*

Equação	Autores	Modelos hipsométricos
1	Linear simples	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon$
2	Trorey	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
3	Assmann	$h = \beta_0 + \beta_1 / DAP + \varepsilon$
4	Henricksen	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$
5	Stoffels	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$
6	Curtis	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 / DAP + \varepsilon$
7	Petterson	$h = [1/(\beta_0 + \beta_1 / DAP)]^3 + 1,3 + \varepsilon$
8	Naslund (Prodan)	$h = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2} + \varepsilon$
9	Naslund	$h = \left(\frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP^2} + 1,30 \right) + \varepsilon$
10	Naslund (Prodan)	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon$

Nota: Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m de altura do solo (cm); h = altura total (m); $\ln$ = logaritmo neperiano; β_i = parâmetros do modelo ajustado ($i=0, 1, 2, \dots, n$); ε = erro de estimativa.

Para seleção do modelo mais apropriado utilizaram-se, também, as estatísticas complementares: Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), que possibilitaram uma análise mais detalhada sobre o desempenho das estimativas (Tabela 2).

Com as estatísticas Viés (V), Média das Diferenças absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD) procedeu-se à ordenação dos modelos, sendo estabelecidas notas, em que a menor nota foi dada ao melhor modelo para cada estatística avaliada. Foi considerado como o modelo mais adequado aquele que resultou em menor somatório nas notas (classificação), conforme utilizado por Figueiredo Filho et al. (1996), observando-se também as estatísticas $S_{yx}\%$, $R^2_{aj}\%$ e análise gráfica de resíduos. Essa classificação foi feita para cada classe diamétrica e também para o conjunto total das árvores.

Tabela 2. Critérios e estimadores de avaliação dos modelos utilizados para a estimativa da altura total

Estatística	Estimador	Estimador (%)
Viés (V)	$V = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i}{n}$	$V(\%) = \frac{V}{\bar{Y}} \cdot 100$
Média das diferenças absolutas (MD)	$MD = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i - \hat{Y}_i }{n}$	$MD(\%) = \frac{MD}{\bar{Y}} \cdot 100$
Desvio padrão das diferenças (DPD)	$DPD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n di^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n di}{n} \right)^2}{n-1}}$	$DPD(\%) = \frac{DPD}{\bar{Y}} \cdot 100$

Nota: Em que: Y_i = Altura da i-ésima árvore medida com o clinômetro digital, (m); $\hat{Y}_i$ = altura da i-ésima árvore obtida com a equação ajustada (m); $\bar{Y}$ = média das alturas observadas (m); $di = \left(Y_i - \hat{Y}_i \right)$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De todos os 10 modelos, cujas equações resultam em ajustes significativos, a partir da análise estatística dos modelos com parâmetros significativos, para altura total obteve-se valores para o erro entre 12,06 a 15,83%.

Com base na classificação das estatísticas do Coeficiente de Determinação Ajustado ($R_{ajustado}^2$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem ($S_{yx}\%$), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), verificou-se que o melhor desempenho para o ajuste da altura total, foi obtido ao se utilizar o modelo Linear Simples para os espaçamentos 3x2 m², 3x3 m² e 5x5 m²; e o modelo de Assmann para os espaçamentos 4x3 m² e 4x4 m² (Tabela 3).

Tabela 3. Equações selecionadas e estatísticas para estimar a altura total em *Anadenanthera peregrina* aos sete anos

Espaçamento	Equação	$R_{ajustado}^2$	Syx%	V%	MD%	DPD%
3 x 2 m ²	$h = 2,6413 + 0,4125DAP$	0,54	14,38	1,17E-15	10,86	14,22
3 x 3 m ²	$h = 4,7881 + 0,2523DAP$	0,38	13,36	-3,11E-15	10,28	13,19
4 x 3 m ²	$h = 11,7570 - 40,6620/DAP$	0,66	12,06	2,25E-15	9,17	11,91
4 x 4 m ²	$h = 11,8975 - 49,3893/DAP$	0,48	14,72	2,81E-15	11,13	14,53
5 x 5 m ²	$h = 3,9470 + 0,2939DAP$	0,44	15,83	5,94E-15	12,55	15,65

Nota: Coeficiente de determinação ajustado ($R_{ajustado}^2$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem ($S_{yx}\%$), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD).

Para a interpretação das estatísticas Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD) os menores valores indicam, respectivamente menores tendências, menores amplitudes de erro e maior homogeneidade dos erros ao longo do eixo, demonstrando que o ajuste apresenta maior exatidão. Tais estatísticas reforçam o que se vê na análise gráfica dos resíduos (Figura 1).

Figura 1. Distribuição dos resíduos para altura total para os modelos de relação hipsométrica selecionados por espaçamento em *Anadenanthera peregrina* aos sete anos

O diâmetro a altura do peito (DAP), a altura total (H), a área basal por hectare (G) e o volume individual (V_i) do povoamento de Angico aos sete anos de idade apresentaram diferenças significativas entre os espaçamentos. Por outro lado, não foi possível observar diferenças nas sobrevivências e volumes totais entre os espaçamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Sobrevivência (SOB), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (H), área basal (G), volume individual (Vi) e volume total estimado (VT) em um povoamento de *Anadenanthera peregrina* aos sete anos, implantado em diferentes espaçamentos

Espaçamento	SOB (%)	DAP (cm)	H (m)	G (m ² ha ⁻¹)	Vi (m ³)	VT (m ³ ha ⁻¹)
3 m x 2 m	87,9 a 0,0	9,1 d 0,0	6,4 c 0,0	10,9 a 65,2	0,02 d 0,0	30,1 a 21,4
3 m x 3 m	90,4 a 2,8	10,4 cd 14,3	7,4 b 15,6	9,5 ab 43,9	0,03 cd 51,7	31,3 a 26,2
4 m x 3 m	91,2 a 3,8	11,4 bc 25,3	8,1 a 26,6	8,6 bc 30,3	0,04 bc 102	31,9 a 28,6
4 m x 4 m	90 a 2,4	12,2 b 34,1	7,8 ab 21,9	7,4 cd 12,1	0,05 b 124	26,1 a 5,2
5 m x 5 m	93,2 a 6,0	14,4 a 58,2	8,2 a 28,1	6,6 e 0	0,07 a 224	24,8 a 0,0

Nota: Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores em *itálico* representam a percentagem em relação ao menor valor da variável.

Houve uma tendência no crescimento médio do DAP e volume individual a medida em que se aumentou o espaçamento de plantio para as duas espécies avaliadas. O DAP das árvores variou entre 9,1 e 14,4 cm. O espaçamento 3 x 2 m² produziram os menores DAP e o espaçamento 5 x 5 m² produziram os maiores DAP.

O volume individual das árvores de angico variou entre 0,0205 e 0,0664 m³. Os espaçamentos 3 x 2 m² produziu os menores volumes individuais, e o espaçamento 5 x 5 m² produziram os maiores volumes individuais. Geralmente espaçamentos de plantio mais amplos promovem o rápido crescimento nos primeiros anos, proporcionando árvores com diâmetro e volume individual maiores, enquanto que espaçamentos mais adensados, onde ocorrem maior competição por espaço, nutrientes, água e luz, tendem a proporcionar crescimento em diâmetro e volume individual menores (CLUTTER, 1983; SCOLFORO, 1997; BENIN et al., 2014), conforme observado nos plantios avaliados no presente trabalho.

As alturas totais das árvores variaram entre 6,4 a 8,2 m. Em geral, espaçamentos mais amplos proporcionaram maiores alturas que espaçamentos mais densos. Mesmo que a percentagem de copa se reduza com o aumento da altura, a competição pela luz se dá horizontal e não verticalmente no povoamento, ou seja, o diâmetro de copa tem maior influência na competição pela luz do que a altura de copa (PADOIN e FINGER, 2010).

Para a área basal, houve uma tendência de aumento a medida que se diminuiu o espaçamento de plantio. A área basal variou de 6,6 a 10,9 m² ha⁻¹. O espaçamento 3 x 2 m² produziu as maiores áreas basais e o espaçamento 5 x 5 m² produziu as menores áreas basais. O crescimento da área basal é intimamente ligado com a densidade do povoamento, onde, de uma forma geral, espaçamentos menores tendem a apresentar uma maior área basal (OLIVEIRA et al., 2009).

Estudos realizados com o gênero *Anadenanthera* são recentes e ainda incipientes, sendo na sua maioria relacionados a análise de sementes e produção de mudas (ALMEIDA et al., 2010; ROSSA et al., 2015; LIMA et al., 2016). Estudos que avaliam o crescimento do gênero são ainda mais raros, normalmente não avaliaram mais que 24 meses (NUNES et al., 2015), em coleta em árvores individuais amostradas em floresta (MATOS e SEITZ, 2008) ou sistemas agroflorestais (NICODEMO et al., 2016).

Ao avaliar o crescimento de sete espécies arbóreas nativas, Nunes et al. (2015) concluíram que *Anadenanthera colubrina* esteve entre as que apresentaram maior crescimento em altura, atingindo em média superior a 4 metros, após 24 meses do plantio. Matos e Seitz (2008) avaliaram o crescimento retrospectivo de *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* do Pantanal Mato-Grossense por anéis de crescimento. Os autores estimaram que as árvores de apresentaram crescimento anual médio, em diâmetro a 1,3 m do solo, variando de 5,4 a 8,0 mm e concluíram que o tempo médio estimado para a espécie atingir diâmetro comercial (maior que 40 cm) foi de, no mínimo, 55 anos. *Anadenanthera colubrina*, em sistemas silviagrícola e silvipastoril, apresentou crescimento em altura de 3,21 m e 3,97 m, respectivamente, após 48 meses de avaliação (NICODEMO et al., 2016). Os autores ainda concluíram que o crescimento de *Anadenanthera*

colubrina comparada a outras espécies avaliadas foi considerado moderado, tanto no sistema *silviagrícola* quanto no sistema silvipastoril.

Assim como os poucos trabalhos encontrados e relatados, os resultados dessa pesquisa demonstram que os plantios puros de angico apresentam potencial de crescimento satisfatório. Do ponto de vista silvicultural, as plantações de angico podem ser conduzidas em espaçamentos mais densos ou mais amplos, já que o volume final após sete anos de plantio foi semelhante entre os espaçamentos avaliados. No entanto, considerando que espaçamentos mais densos tendem a produzir madeira de melhor fator de forma, maior qualidade de fuste e menor quantidade de galhos, é sugerido o plantio de angico em espaçamentos mais adensados, tais como 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m ou 4,0 m x 3,0 m, produzindo dessa forma madeira com maior valor agregado. Vale ressaltar que para espaçamentos mais densos é necessário que seja realizado desbastes seletivos mais precocemente do que em espaçamentos mais amplos, o que pode onerar e aumentar os custos da produção de madeira.

4. CONCLUSÃO

Espaçamentos mais amplos proporcionaram maiores alturas, DAP e volume individuais que espaçamentos mais densos. Para a área basal, houve uma tendência de aumento a medida em que se diminuiu o espaçamento de plantio.

Considerando o volume total de madeira produzido, não houve diferenças entre os espaçamentos avaliados, o que permite inferir que espaçamentos densos e amplos podem ser indicados para plantios de angico.

Entretanto, para melhor qualidade e maior valor agregado da madeira, é sugerido que o angico seja plantado em espaçamentos mais densos (3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m ou 4,0 m x 3,0 m) com manejo criterioso da floresta, principalmente relacionado à condução de desbastes.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo e aporte de recursos financeiros.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. S.; GONZAGA, A. P. D.; SOUSA, H.; NUNES, Y. R. F.; CIPRIANI, H. N. Cotyledon integrity on *Anadenanthera columbrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae – Mimosoideae) germination and early establishment. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 227-234, 2010.
- BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage deployed in different spacing. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 7, n. 1, p. 55-61, 2014.
- BLAIN, G. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. Índice padronizado de precipitação aplicado às condições de seca no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB: v. 14, n. 10, p. 1067–1073, 2010.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília DF: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo: Embrapa Floresta, 2003.

- CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. Timber Management: a quantitative approach. New York: John Wiley and Sons, 1983. 383 p.
- FIGUEIREDO FILHO, A; BORDERS, B. E.; HITCH K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 83, p. 39-46, 1996.
- GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 95-101, 2004.
- IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório 2017. 2017. 80 p.
- LIMA, S.; MARIMON JUNIOR, B. H.; MELO-SANTOS, K. S.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C.; MARIMON, B. S. Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasília**, Brasília, v.51, n.2, p.120-131, 2016.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras. **Nova Odessa: Plantarum**, 2000. v. 1. 352p.
- MACHADO, S. A.; ACCIOLY, Y.; NASCIMENTO, R. G. M.; SILVA, L. C. R.; CARDOZO, C. C. Influência do comprimento de copa na relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 35, n. 83, p. 343-351, 2015.
- MATTOS, P. P.; SEITZ, R. A. **Growth dynamics of *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* and *Tabebuia impetiginosa* from Pantanal Mato-Grossense, Brazil.**
- NASCIMENTO, D. F.; LELES, P. S. S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MOREIRA, R. T. S.; ALONSO, J. M. Initial growth of six forest tree species in different spacing conditions. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 159–165, 2012.
- NICODEMO, M. L. F.; MULLER, M. D.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; CARPANEZZI, A. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; BARIONI JÚNIOR, W. Growth of native trees in two agroforestry systems. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.40, n.4, p.639-648, 2016.
- NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, N. C. A.; VELOSO, M. D. M.; GONZAGA, A. P. D.; DOMINGUES, E. B. S.; ALMEIDA, H. S.; CASTRO, G. C.; SANTOS, R. M. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de Floresta Estacional Decidual, Norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.801-810, 2015.
- OLIVEIRA, T.K. de; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n.60, p.1-9, 2009.
- PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, 2010.
- ROSSA, Ü. B.; ANGELO, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; OLIVEIRA, F. E. M.; SILVA, F. F.; ARAUJO, J. C. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) sp. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.
- SANTANA, R. C.; FONTAN, I.C.I.; OLIVEIRA, S.L. **Implantação, manutenção e produtividade dos povoamentos**. In: Vale, A. B; MACHADO, C. C; PIRES, J. M. M.; COSTA, C. B.; VILAR, M. B.; NACIF, A. P. (Org.). Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, Manejo e Ambiente. 1ed.: Editora Suprema, 2013, v. 1, p. 161-186.
- SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Universidade Federal de Lavras / Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras, 1997. 433 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE; 1998.

SOUZA, F. A. de; STURMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil**. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A. de; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. cap. 2, p. 15-73.

Capítulo 22

CRESCIMENTO E RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS EM POVOAMENTOS DE *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

Paulo André Trazzi¹, Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Lucas Dambróz Beccalli¹, Larissa Gomes Rodrigues¹, Byanca Kettlynn Santos Machado¹, Juscelina Arcanjo Dos Santos²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (Ufla), Brasil

Autor correspondente: patrazzi@gmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar o crescimento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (paricá) aos sete anos de idade em função de cinco espaçamentos de plantio. O plantio experimental foi estabelecido no delineamento em blocos casualizados com três repetições (parcelas). Foram avaliados cinco tratamentos (espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 4,0 m e 5,0 m x 5,0 m), sendo que dentro de cada bloco um mesmo tratamento tinha três repetições, distribuídas inteiramente ao acaso. As árvores foram medidas quanto ao seu diâmetro e altura, sendo contadas também para cálculo da sobrevivência. A escolha da melhor equação hipsométrica ajustada foi realizada com base nos critérios do erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) e do coeficiente de determinação ajustado em percentagem (R²aj%). Os resultados mostraram que o diâmetro a altura do peito, a altura total, área basal por hectare e o volume individual (Vi) do povoamento de paricá apresentaram diferenças significativas entre os espaçamentos. Houve uma tendência no crescimento médio do DAP e volume individual à medida em que aumentou o espaçamento de plantio. Para a área basal, houve uma tendência de aumento à medida que diminuiu o espaçamento de plantio. As equações hipsométricas ajustadas foram satisfatórias para estimar a altura total dos povoamentos de paricá. Não houve diferença na produção volumétrica por hectare entre os espaçamentos avaliados.

Palavras chave: Espaçamento; Equação Hipsométrica; Leguminosas; Paricá.

GROWTH AND HYPOMETRIC RELATIONS IN *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* STANDS IN DIFFERENT SPACINGS

Abstract: The objective of this work was to evaluate the growth of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* in five planting spacings seven years after planting. Experimental planting was established in a randomized complete block design with three replications. Five spacing treatments were evaluated (3.0 m x 2.0 m, 3.0 m x 3.0 m, 4.0 m x 3.0 m, 4.0 m x 4.0 m and 5.0 m x 5.0 m), within each block the same treatment had three replicates, distributed entirely random. The trees were measured on their diameter and height and counted for survival calculations. The best fit hypsometric equation was chosen based on the standard error of estimation (Syx%) and the percentage adjusted coefficient of determination (R²aj%). The results showed that the diameter at breast height, total height, basal area per hectare and individual volume (Vi) of the paricá stand presented significant differences among the different spacings. There was a tendency in the average growth of DAP and individual volume as the planting spacing for the two evaluated species was increased. For basal area, there was a tendency of increase as the spacing of planting was decreased. The adjusted hypsometric equations were satisfactory to estimate the total height of paricá stands. There was no difference in the volumetric production per hectare among the evaluated spacings.

Keywords: Spacing; Hypsometric Equation; Tree Legumes; Parica.

1. INTRODUÇÃO

O Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) é uma árvore caducifolia, de tamanho grande, com ocorrência natural na mata primária de terra firme, várzea alta e em florestas secundárias e capoeiras. No Brasil, a espécie é encontrada nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Rondônia e Acre. Trata-se de uma espécie arbórea da família Fabaceae que pode alcançar até 40 m de altura e 100 cm de DAP (CORDEIRO et al., 2015). Trata-se de uma espécie de rápido crescimento, com abundância de sementes, excelente desenvolvimento em plantios comerciais, facilidade na produção de mudas e produção de madeira de cor clara, homogênea e sem nó. Dado o seu rápido crescimento ($30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e bom desempenho em formações homogêneas e em consórcios é recomendada para fins comerciais, sistemas agroflorestais e reflorestamento de áreas degradadas (CORDEIRO et al., 2015; SILVA et al., 2011).

Previamente à implantação de um povoamento, uma das principais decisões a ser tomada é a escolha do espaçamento inicial de plantio, o qual deve estar relacionado com a finalidade do uso da madeira. O efeito do espaçamento sobre o desenvolvimento e a produção de madeira pelas espécies florestais nativas, têm despertado o interesse de pesquisadores e produtores florestais há alguns anos. O espaçamento de plantio é, provavelmente, uma das variáveis mais importantes para a qualidade e produtividade de matéria-prima a ser produzida. A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo (SANTANA et al., 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes modelos hipsométricos para determinação da altura de povoamentos de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* aos sete anos de idade, buscando identificar o espaçamento de plantio mais adequado para crescimento volumétrico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O povoamento de paricá foi implantado em área pertencente ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus de Alegre, ES (IFES), na rodovia ES-482, km 47, distrito de Rive, município de Alegre, ES. O clima do município de Alegre é classificado como Aw (tropical com inverno seco), onde ocorrem chuvas no verão e inverno seco, sendo a temperatura média anual de 23°C e precipitação anual em torno de 1.200 mm (BLAIN et al., 2010). Segundo Soares e Batista (2004), este tipo de clima ocorre em locais onde a temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C e a precipitação média mensal é inferior a 60 mm.

Antes da implantação do experimento, realizada em junho de 2011, o uso da área era caracterizado por pastagem composta por *Brachiaria* sp., a qual era controlada exclusivamente pela herbívora do gado e sem aplicações de fertilizantes. No preparo do terreno para a implantação florestal, o gado foi retirado e foi feito o dessecamento pastagem com a aplicação de glifosato, e em seguida foi feita a marcação das faixas e abertura das covas de plantio com dimensões de 0,30 m x 0,30 m x 0,30 m.

O plantio experimental foi estabelecido no delineamento em blocos casualizados com três repetições (parcelas), sendo que cada repetição do experimento representava uma unidade experimental, constituída por um retângulo nas dimensões de 30 m x 50 m (1500 m^2). Foram avaliados cinco tratamentos (espaçamentos de 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 3,0 m, 4,0 m x 4,0 m e 5,0 m x 5,0 m), sendo que dentro de cada bloco um mesmo tratamento tinha três repetições, distribuídas inteiramente ao acaso.

As árvores foram medidas quanto ao seu diâmetro à altura do peito (DAP) e altura, sendo contadas também para cálculo da sobrevivência. O diâmetro foi medido com auxílio de trena graduada em milímetros e a altura foi medida utilizando-se um clinômetro digital. Em cada parcela, foram medidos os DAP de todas as árvores com exceção daquelas que compunham a borda da parcela, as quais não foram utilizadas para os cálculos das variáveis de crescimento.

Para o conjunto de dados, foram ajustados dez modelos hipsométricos (Tabela 1) utilizando o Microsoft Excel®. As significâncias dos coeficientes foram avaliadas pelo teste t, a 5% de probabilidade de erro. A escolha da melhor equação hipsométrica ajustada, para o conjunto dos dados, foi realizada com base nos critérios do erro padrão da estimativa em percentagem ($S_{yx}\%$) e do coeficiente de determinação ajustado em percentagem ($R^2_{aj}\%$). Nos casos de equações logaritmizadas, visto que essas equações tendem a subestimar os valores da altura, utilizou-se um fator de conversão, visando corrigir esse erro, por meio da multiplicação das alturas estimadas pelo Fator de Meyer (FM) para recalcular o erro padrão da estimativa, conforme descrito por Machado et al. (2015). Já o índice de ajuste de Schulaegel (IA) foi utilizado visando permitir a comparação com o coeficiente de determinação ajustado ($R^2_{aj}\%$) das equações de diferentes naturezas (MACHADO et al., 2015).

Tabela 1. Modelos de relação hipsométrica ajustados para o conjunto de dados obtidos nos povoamentos de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*

Equação	Autores	Modelos hipsométricos
1	Linear simples	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon$
2	Trorey	$h = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon$
3	Assmann	$h = \beta_0 + \beta_1 / DAP + \varepsilon$
4	Henricksen	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$
5	Stoffels	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon$
6	Curtis	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 / DAP + \varepsilon$
7	Petterson	$h = [1/(\beta_0 + \beta_1 / DAP)]^3 + 1,3 + \varepsilon$
8	Naslund (Prodan)	$h = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2} + \varepsilon$
9	Naslund	$h = \left(\frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP^2} + 1,30 \right) + \varepsilon$
10	Naslund (Prodan)	$h = \left(\frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2} + 1,30 \right) + \varepsilon$

Nota: Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m de altura do solo (cm); h = altura total (m); $\ln$ = logaritmo neperiano; β_i = parâmetros do modelo ajustado ($i=0, 1, 2, \dots, n$) e; ε = erro de estimativa.

Para verificar a ocorrência ou não de tendências nas estimativas da variável altura, foram realizadas análises gráficas de resíduos em função do DAP (cm) observado, bem como testes complementares por meio das estatísticas do Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), conforme descrito por Figueiredo Filho et al. (1996).

Após a seleção da melhor equação para o conjunto dos dados, o modelo correspondente foi utilizado para o ajuste com os dados estratificados de acordo com as classes de aproveitamento pré-estabelecidas. A avaliação das equações por classe de aproveitamento foi realizada por meio das estatísticas de precisão já descritas anteriormente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas dos parâmetros para os modelos hipsométricos, para cada espaçamento, foram significativas a 95 % de probabilidade pelo teste t para a maioria dos modelos testados (Tabela 2). A partir da análise estatística dos modelos com parâmetros significativos, para a altura total obteve-se valores para o erro entre 7,66 a 16,68 %.

Com base na classificação das estatísticas do Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{aj}\%$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem ($S_{yx}\%$), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD), os melhores modelos para o ajuste de altura total foram Naslund para o espaçamento 3x2 m²; Henricksen para os espaçamentos 3x3 m²

e 4x4 m²; e Linear Simples para o espaçamento 4x3 m²; e Stoffels para o espaçamento 5x5 m² (Tabela 2 e Figura 1).

Tabela 2. Equações selecionadas e estatísticas para estimar a altura total em *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* aos sete anos

Espaçamento	Equação	$R^2_{ajustado}$	Syx%	V	MD	DPD
3 x 2 m ²	$h = \left(\frac{DAP^2}{7,2605 + 0,0755DAP^2} + 1,30 \right)$	0,41	16,38	2,59	11,72	15,55
3 x 3 m ²	$h = -0,6746 + 4,3934Ln(DAP)$	0,58	7,76	1,20E-14	6,14	7,60
4 x 3 m ²	$h = 6,5506 + 0,3110DAP$	0,49	9,18	-4,27E-15	6,58	8,99
4 x 4 m ²	$h = 0,4902 + 3,9002Ln(DAP)$	0,42	11,28	1,30E-14	9,38	11,04
5 x 5 m ²	$Ln(h) = 0,9374 + 0,5081Ln(DAP)$	0,51	7,76	0,27	5,74	7,55

Nota: Coeficiente de Determinação Ajustado ($R^2_{ajustado}$), Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem ($S_{yx}\%$), Viés (V), Média das Diferenças Absolutas (MD) e Desvio Padrão das Diferenças (DPD).

Figura 1. Distribuição dos resíduos para altura total para os modelos de relação hipsométrica selecionados por espaçamento em *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* aos sete anos

O DAP, a altura total (H), área basal por hectare (G) e o volume individual (Vi) do povoamento de paricá aos sete anos de plantio apresentaram diferenças significativas entre os espaçamentos. No entanto, não foi possível observar diferenças nas sobrevivências e volumes totais entre os espaçamentos (Tabela 3).

Tabela 3. Sobrevivência (SOB), diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (H), área basal (G), volume individual (Vi) e volume total estimado (VT) em um povoamento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* aos sete anos

Espaçamento (m ²)	SOB (%)	DAP (cm)	H (m)	G (m ² ha ⁻¹)	Vi (m ³)	VT (m ³ ha ⁻¹)
3 x 2	75,1 a	13,5 b	9,9 b	18,2 a	0,0715 b	89,3 a
3 x 3	76,1 a	15,5 b	11,2 a	15,9 ab	0,1035 b	87,5 a
4 x 3	71,4 a	15,5 b	11,4 a	11,4 b	0,1064 b	64,2 a
4 x 4	83,2 a	19,3 a	12,0 a	15,5 ab	0,1754 a	91,8 a
5 x 5	84,6 a	21,2 a	12,1 a	11,9 ab	0,2107 a	70,5 a

Nota: Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 95 % de probabilidade.

Houve tendência no crescimento médio do DAP e volume individual à medida em que aumentou o espaçamento de plantio. Espaçamentos de plantio mais amplos promovem o rápido crescimento nos primeiros anos, proporcionando árvores com diâmetro e volume individual maiores, enquanto que espaçamentos mais adensados, onde ocorrem maior competição por espaço, nutrientes, água e luz, tendem a proporcionar crescimento em diâmetro e volume individual menores (CLUTTER, 1983; SCOLFARO, 1997; BENIN et al., 2014), conforme observado nos plantios avaliados no presente trabalho.

Em geral, espaçamentos mais amplos proporcionaram maiores alturas que espaçamentos mais densos. Mesmo que a percentagem de copa se reduza com o aumento da altura, a competição pela luz se dá horizontal e não verticalmente no povoamento, ou seja, o diâmetro de copa tem maior influência na competição pela luz do que a altura de copa (PADOIN e FINGER, 2010).

Estudos que descrevem o crescimento de paricá são incipientes. Não existem muitas publicações disponíveis sobre o tema. Entretanto, às informações já publicadas, assim como os resultados encontrados neste trabalho, demonstram que os plantios puros de paricá apresentam potencial de crescimento satisfatório (PIOTTO et al., 2004; HOFFMAN et al., 2011; MIRANDA et al., 2016).

De acordo com Piotto et al. (2004), o crescimento e produtividade de 13 espécies nativas da Costa Rica, o paricá foi considerada uma espécie de rápido crescimento, após 68 meses do plantio. As árvores desta espécie atingiram em média 12,15 m de altura total e 14,66 cm de DAP em plantios puros, em espaçamento 3 x 3 m².

Ao avaliar as principais características dendrométricas de paricá em plantios comerciais com idades de cinco, seis e sete anos, em espaçamento 4 x 4 m², na região de Paragominas, PA, Hoffmann et al. (2011) concluíram que o paricá teve um crescimento tanto em diâmetro quanto em altura semelhante a espécies de rápido crescimento, encontrando valores médios de altura e DAP iguais a 23,06 m e 21,28 cm, respectivamente, aos sete anos de idade.

Estudos realizados por Miranda et al. (2016), com paricá em dois plantios no Norte do estado de Mato Grosso, chegaram em médias para os dois plantios, aos 16 anos para DAP iguais a 30,1 cm e 32,2 cm; altura total iguais a 29,2 m e 23,9 m; e a produção volumétrica iguais a 1,04 e 0,96 m³.

4. CONCLUSÃO

As equações hipsométricas ajustadas foram satisfatórias para estimar a altura total dos povoamentos de paricá. Os melhores modelos para o ajuste de altura total foram Naslund para o espaçamento 3x2 m²; Henricksen para os espaçamentos 3x3 m² e 4x4 m²; e Linear Simples para o espaçamento 4x3 m²; e Stoffels para o espaçamento 5x5 m².

Os espaçamentos mais densos produziram árvores com menores diâmetros, enquanto os espaçamentos mais amplos produziram árvores com maiores diâmetros.

Não houve diferença na produção volumétrica por hectare entre os espaçamentos avaliados.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de estudo e aporte de recursos financeiros.

REFERÊNCIAS

- BENIN, C. C.; WIONZEK, F. B.; WATZLAWICK, L. F. Initial assessments on the plantation of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage deployed in different spacing. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 7, n. 1, p. 55-61, 2014.
- BLAIN, G. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. Índice padronizado de precipitação aplicado às condições de seca no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB: v. 14, n. 10, p. 1067–1073, 2010.
- CLUTTER, J. L. et al. Timber Management: a quantitative approach. New York: John Wiley and Sons, 1983. 383 p.
- CORDEIRO, I. M. C. C. et al. Avaliação de plantios de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby de diferentes idades e sistemas de cultivo no município de aurora do Pará - PA (Brasil). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 679–687, 2015.
- FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 83, p. 39-46, 1996.
- HOFFMANN, R. G. et al. Caracterização dendrométrica de plantios de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) na região de Paragominas, PA, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n.4, p.675-684, 2011.
- MACHADO, S. A.; ACCIOLY, Y.; NASCIMENTO, R. G. M.; SILVA, L. C. R.; CARDOZO, C. C. Influência do comprimento de copa na relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia*. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 35, n. 83, p. 343-351, 2015.
- MIRANDA, D. L. C. Growth and production of paricá wood in two plantations in the north of Mato Grosso, Brazil. **Nativa**, Sinop, v.4, n.4, p.199-205, jul./ago. 2016.
- PADOIN, V.; FINGER, C. A. G. Relações entre as dimensões da copa e a altura das árvores dominantes em povoamentos de *Pinus taeda* L **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, 2010.

PIOTTO, D. et al. Pure and mixed forest plantations with native species of the dry tropics of Costa Rica: a comparison of growth and productivity. **Forest Ecology and Management**, v.190, p. 359–372, 2004.

SANTANA, R. C.; FONTAN, I.C.I.; OLIVEIRA, S.L. **Implantação, manutenção e produtividade dos povoamentos**. In: Vale, A. B; MACHADO, C. C; PIRES, J. M. M.; COSTA, C. B.; VILAR, M. B.; NACIF, A. P. (Org.). **Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, Manejo e Ambiência**. 1ed.: Editora Suprema, 2013, v. 1, p. 161-186.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal**. Universidade Federal de Lavras / Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras, 1997. 433 p.

SILVA, A. K. L. et al. Litter dynamics and fine root production in *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* plantations and regrowth forest in Eastern Amazon. **Plant and Soil**, v. 347, n. 1, p. 377–386, 2011.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**, Curitiba, PR: 2004, 195p.

Capítulo 23

QUALIDADE DO ACABAMENTO DO SULCO DE ACORDO COM O EQUIPAMENTO UTILIZADO E ESTAÇÃO DO ANO

*Fernanda Leite Cunha¹, Juscelina. Arcanjo dos Santos¹ Fernando Palha Leite²,
Lucas Amaral de Melo¹*

¹ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (Ufla), Brasil

² Engenheiro Agrônomo, Empresa Celulose Nipo-Brasileira S.A. (Cenibra), Brasil

Autor correspondente: celinarcanjo@hotmail.com

Resumo: A subsolagem, no setor florestal, visa mobilizar o solo e estabelecer condições ideais para o estabelecimento das mudas. No entanto, um dos grandes desafios é realizá-la com qualidade, sendo importante utilizar os implementos e tecnologias corretamente. Dessa forma, objetivou-se avaliar a qualidade do preparo do solo realizado pelo subsolador acoplado a um trator, no período seco e úmido, utilizando diferentes tipos de dispositivos de acabamento do sulco. O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados completos, em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois períodos do ano (seco e úmido) e três dispositivos (corrente, corrente com rolo e gradinha com quatro discos), com oito repetições. As variáveis respostas utilizadas para avaliar a qualidade do acabamento do sulco foram a profundidade, a largura superficial e o índice de qualidade dos torrões (IQT). Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. O período úmido permitiu um preparo do solo com maior qualidade. Em relação ao IQT, foram encontrados valores acima do recomendado na estação seca. Já em relação ao dispositivo de acabamento do sulco, a gradinha com quatro discos proporcionou menor IQT e maior largura do sulco. Dessa forma o período úmido o preparo do solo com melhor qualidade, e deve-se dar preferência a utilização da gradinha com quatro discos.

Palavras chave: Índice de torrões; Largura do sulco; Gradinha; Corrente.

FINISHING QUALITY OF PLANTING LINES ACCORDING TO EQUIPMENT USED AND STATION OF THE YEAR

Abstract: Subsoiling in the forestry sector aims to mobilize the soil and establish ideal conditions for the establishment of seedlings. However, one of the biggest challenges is to achieve it with quality, being important to use the implements and technologies correctly. Thus, the objective of this study was to evaluate the quality of soil preparation performed by the subsoiler coupled to a tractor in the dry and wet period, using different types of finishing of planting line devices. The experiment was set up in a completely randomized block design, in a 2 x 2 factorial scheme, with two periods of the year (dry and wet) and three devices (chain, roller chain and four-disc harrow), with eight replications. The response variables used to evaluate the quality of the finishing of planting line were depth, surface width, and clod quality index (IQT). The values obtained were submitted to analysis of variance by Tukey test at 5% probability. The wet period allowed a better soil preparation. Regarding the IQT, values above the recommended in the dry season were found. In relation to the finishing of planting line devices, the four-disc harrow allowed lower IQT and larger groove width. Thus, the wet period allows better soil preparation, and preference should be given to the four-disc harrow.

Keywords: Clod index; Groove width; Harrow; Chain.

1. INTRODUÇÃO

A silvicultura, em grande expansão no Brasil, ocupa cerca de 7,84 milhões de hectare contribuindo com 6,1% no PIB nacional, tendo o eucalipto como principal espécie plantada (IBÁ, 2018). Para que este setor continue crescendo, é necessário a utilização de técnicas e tecnologias adequadas, para obter plantas vigorosas e produtivas, em todas as fases da implantação florestal (SILVA et al., 2019).

Uma das principais atividades durante a fase de implantação na silvicultura é a subsolagem como técnica de preparo do solo. Esta técnica está relacionada com o cultivo mínimo, sendo efetuada em profundidade na linha em que será realizado o plantio, mobilizando o solo, com o objetivo de romper as camadas que tenham sofrido compactação, ou mesmo, horizontes mais densos (GONÇALVES et al., 2014).

O implemento mais usado para a atividade de subsolagem é o subsolador, que se consolidou para a execução do preparo do solo devido às suas vantagens operacionais e econômicas (GONÇALVES et al., 2016). A haste dos subsoladores é colocada no solo, provocando o seu rompimento para frente, para cima e para os lados, de modo tridimensionalmente e em blocos. O solo não é cortado, mas sim rompido nas suas linhas de fraturas naturais ou por meio das interfaces de seus agregados, sendo um método menos agressivo ao solo (LANÇAS, 2002).

São inúmeros os benefícios técnicos econômicos e ecológicos em relação ao preparo intensivo do solo, pois cria regiões preferenciais para a infiltração de água, promove a redução dos processos erosivos, aumenta a conservação do solo e da água, além de elevar a produtividade e a homogeneidade dos plantios florestais (GONÇALVES, 2009; LANI et al., 2017). Para que os melhores resultados de produtividade e sobrevivência dos plantios florestais sejam alcançados, é necessário garantir que a subsolagem seja realizada de forma eficiente e com qualidade (MELO et al., 2016).

De acordo com Trindade e Melo (2016), em campo são diagnosticadas inúmeras inconformidades do preparo do solo, como área de solo mobilizado, profundidade abaixo do recomendado e espaçamento incorreto. Além desses fatores, também ocorrem problemas com o alto índice de torrões formados e com a largura do sulco abaixo do recomendável (BOLLER et al. 1995; MELO et al. 2016). As duas últimas inconformidades estão relacionadas ao acampamento do sulco, ou seja, ao tipo de dispositivo utilizado para corrigir o sulco confeccionado.

Dessa forma, objetivou-se avaliar o melhor tipo de dispositivo de acabamento do sulco e a sua influência no preparo do solo realizado no período seco e úmido do ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental localiza-se na região de Nova Era - MG, Brasil, com topografia predominantemente montanhosa, Cambissolo e clima classificado por Köppen como CWA (ALVARES et al., 2013). As médias de precipitação para região no período seco são de 21,8 mm, e para o período úmido, de 274 mm (SOUZA et al., 2006).

O local de estudo continha um povoamento de híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com sete anos de idade e em arranjo 3 x 2 m. Estes foram colhidos por meio do sistema de toras curtas (cut-to-length), o qual compreendeu na derrubada, desgalhamento, destopo, toragem e no descascamento da madeira, sendo estes processos realizados por um *Harvester* e, posteriormente, fez-se o baldeio da madeira até a estrada por meio de um *Forwarder*. Após a colheita e retirada da madeira, realizou-se a subsolagem e os ensaios experimentais.

O preparo do solo foi realizado com o subsolador acoplado ao trator, utilizou-se o trator modelo MF 7140, com potência líquida de 141,9 Hp e peso de 8,2 toneladas, tendo rendimento médio de 2,5 horas⁻¹ha⁻¹. O subsolador foi composto por um disco de corte, uma haste subsoladora e o dispositivo de acabamento do sulco.

O preparo do solo com este equipamento foi realizado em terreno com até 17° de declividade. O trator se movimentava em nível e realizava o preparo até a profundidade recomendada. No fim de cada linha, o trator retirava a haste do solo e realizava a manobra, dando início a uma nova linha de preparo.

A subsolagem foi realizada em uma distância de três metros entre linhas. As especificações para a seção confeccionada foram de 0,40 m de profundidade, 0,60 m de largura atingido uma conformação em “V”, baseadas nos trabalhos de Fessel (2003) e Barros (2001) conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1. Especificação para confecção do sulco na operação de subsolagem pela escavadeira hidráulica, de formato em “V”

Nota: Profundidade de 0,40 m, largura de 0,60 m, e área de solo mobilizada de aproximadamente 0,12 m².

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados completos (DBC), em um esquema fatorial 2x3. O primeiro fator foi definido o período do ano (seco e chuvoso) e o segundo fator representa os diferentes tipos de acabamento do sulco, sendo eles a corrente, rolo com a corrente e a gradinha com quatro discos. Cada tratamento foi composto por oito repetições.

As avaliações do período seco ocorreram nos meses de setembro e outubro, e as avaliações na estação chuvosa, nos meses de novembro e dezembro. As variáveis respostas utilizadas para os indicadores de qualidade estipulados foram:

profundidade e largura do sulco e a incidência de torrões.

A largura superficial do sulco foi avaliada por meio de uma haste, a qual foi inserida na parede do sulco e sua distância medida por uma fita métrica para delimitar a distância entre suas extremidades. No mesmo ponto em que foi obtida a largura do sulco, realizou-se a avaliação das profundidades alcançadas pela atividade de subsolagem, por meio do perfilômetro, o qual é um equipamento composto por uma barra na base, de 81 cm de comprimento, com 28 hastes de um metro de altura, distanciadas três centímetros entre si conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2. Representação do equipamento perfilômetro

Para avaliar a qualidade do acabamento do sulco, realizou-se a análise do nível de destorroamento pelo implemento. Para isso, utilizou-se um quadrante de 50 x 50 cm, alocado ao lado do perfilômetro. Na área interna do quadrante, foram avaliados dois índices: Índice do Número de Torrões (INT) e Índice do Diâmetro dos Torrões (IDT). Para facilitar as análises qualitativas, foi criado o Índice de Qualidade dos Torrões (IQT), que consiste na multiplicação entre o IDT e o INT, Tabela 1.

O valor considerado como ideal de IQT foi baseado em observações em campo e no trabalho de Barros (2001), em que foi considerado como ideal os diâmetros inferiores a 10 cm. Desta forma, os valores de IQT considerados como ideais, com bom índice de destorroamento do solo, foram aqueles abaixo de 4.

Tabela 1. Índice do Diâmetro dos Torrões (IDT), Índice do Número de Torrões (INT) utilizado para avaliação qualitativa das amostras

IDT	Diâmetro dos torrões (cm)	INT	Número de torrões
1	<0	1	0
2	0-5	2	0-5
3	5-15	3	5-10
4	15-30	4	10-15
5	>30	5	>15

As médias obtidas pelos indicadores de qualidade foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e quando significativo, realizou-se o teste de média Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas por meio do software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O preparo do solo realizado em diferentes períodos apresentou resultados significativos (Tabela 2). As variáveis profundidade, largura superficial do sulco e o IQT, apresentaram melhores médias no período úmido (0,64 m, 0,69 m e 2,91), em relação ao período seco (0,52 m, 0,62 m e 6,08 m). Esse resultado corrobora com os trabalhos de Sasaki e Gonçalves (2005), em que os autores observaram o mesmo comportamento para profundidade e largura do sulco.

Estes resultados são constatados, devido ao comportamento do solo, em que, com o aumento de sua umidade, as moléculas de água são adsorvidas, diminuindo a coesão e a tensão entre as partículas do solo (COMPAGNON et al., 2013), o que facilita a sua mobilização. No entanto essa relação não se aplica para solos encharcados, visto que esses são inapropriados para o preparo mecanizado, por reduzir a aderência dos pneus, aumentar a patinação no solo e elevar o índice de compactação, principalmente pela

queda da capacidade de suportar cargas (MANTOVANI, 1987, HAKANSSON et al., 1988). Logo, estas situações devem ser evitadas, já que a descompactação do solo em profundidade possui elevado custo operacional e elevada demanda energética (SIMÕES, 2011).

De acordo com Rosetti e Centurion (2017) solos em condição de friabilidade, apresentam resultados satisfatórios para sua mobilização, ou seja, seus torrões podem ser facilmente rompidos em frações menores entre os dedos. O que justifica os resultados encontrados para o preparo do solo principalmente para as médias encontradas de IQT, que no período seco, obteve índice superior ao aceitável (4). A baixa umidade encontrada nas parcelas influenciou positivamente na maior incidência de torrão, uma vez que este ocorre pelo aumento da coesão do solo e da cimentação de suas partículas, dessa forma, o corte é feito com maior eficiência, nos pontos de cisalhamento do solo e consequentemente provoca um aumento da incidência de torrões (BAVER et al., 1972).

Tabela 2. Médias de profundidade (Prof), largura superficial (L) e índice de qualidade dos torrões (IQT), em função do período seco e úmido, e do dispositivo de acabamento do sulco, para o preparo do solo realizado com o trator acoplado com o subsolador

Tratamentos		Prof (m)	L (m)	IQT
Período	Seco	0,52 b	0,62 b	6,08 b
	Chuvosa	0,64 a	0,69 a	2,91 a
Dispositivo de acabamento do sulco	Corrente	0,58 a	0,58 b	6,68 b
	Rolo com corrente	0,56 a	0,67 a	4,18 ab
	Gradinha com quatro discos	0,61 a	0,71 a	2,62 a

Analisando os dispositivos de acabamento do sulco, observa-se que as profundidades atingidas, dentre os dispositivos, não diferiram entre si, com média de 0,58 m. Esse resultado já era esperado, devido a profundidade do sulco estar relacionada com a qualidade da haste subsoladora e a profundidade que esta entra no solo (SASSAKI et al., 2005).

Os resultados encontrados para a largura superficial do sulco mostraram que os dispositivos, rolo com corrente (0,56 m) e a gradinha com quatro discos (0,61 m) são semelhantes estatisticamente e superiores ao uso da corrente (0,58 m). De acordo com Stolf et al. (2008), a grade com discos é o dispositivo de acabamento do sulco mais utilizado, devido a qualidade que promove. Os mesmos autores ainda salientam que quanto maior o número de discos e quanto mais próximo eles estiverem, maior a mobilização do solo e melhor é o acabamento do sulco.

Para o IQT, apenas a gradinha com quatro discos (2,62) apresentou média dentro do padrão desejado, ou seja, abaixo de quatro, enquanto que o rolo com corrente (4,18) e a corrente (6,68), são semelhantes estatisticamente e estão fora do padrão desejado. De modo geral, constata-se que este elevado índice de torrões, pode prejudicar o crescimento do sistema radicular por atuar como uma barreira no solo, o que reduz a quantidade de água, nutrientes e oxigênio acessível pela planta, podendo prejudicar na sua sobrevivência e homogeneidade da floresta (DE MARIA et al., 1999; QUIEROZ VOLTAN et al., 2000). Desta forma é importante utilizar apenas dispositivos que garantam o destorroamento do solo, como a utilização da gradinha com quatro discos.

4. CONCLUSÃO

O acabamento do sulco possui maior qualidade no período úmido quando comparado ao período seco e o dispositivo de acabamento do sulco que garantiu maior qualidade foi o uso da gradinha com quatro discos.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo fornecimento da Bolsa, e à CENIBRA pelo fornecimento dos dados.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Gebrüder Borntraeger, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARROS, J. W. D. **Planejamento da qualidade do preparo mecanizado do solo para implantação de florestas de *eucalyptus* sp. utilizando o método desdobramento das funções de qualidade (QFD)**. 2001. 117p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- BAVER, L. D.; GARDNER, W. H. **Soil Physics**. Nova York: John Wiley, 1972. 498p.
- BOLLER, W.; GAMERO, C. A.; MACIEL, A. J. S. Qualidade do preparo de solo com grade das regulagens e da utilização de discos esféricos e cônicos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 6, n. 2, p. 1-9, 1995.
- [COMPAGNON, A. M.](#); [FURLANI, C. E. A.](#); [OSHIRO, K. A.](#); [SILVA, R. P.](#); [CASSIA, M. T.](#) . Desempenho de um conjunto trator-escarificador em dois teores de água do solo e duas profundidades de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, p. 52-58, 2013.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 23, p.703-709, 1999.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo**. 2003. 88 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2003.
- GOLÇALVES, J. L. M. **Cultivo Mínimo Aumenta Produção Florestal**. Visão Agrícola, v.9. p. 183-186, 2009.
- GONÇANVES, S. B. **Avaliação da Qualidade da Subsolação em diferentes condições de solo**. 2014. 68f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro - Oeste, PR, 2014.
- HAKANSSON, I.; VOORHEES, W.R.; RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, p.239-282, 1988.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2018**. Ibá. Brasília - DF, 2018. Disponível em: <www.iba.org>. Acesso em 03 de agosto de 2019.

LANÇAS, K. P. Subsolagem ou sacarificações: mobilização do solo sem muita agressão. **Cultivar Máquinas**, n. 14, p. 38-41, 2002.

LANI, J. A.; BRAGANCA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; MARTINS, A. G.; DADALTO, G. G. Preparo, manejo e conservação do solo. In: Romário Gava Ferrão et al. (Org.). **Café Conilon**. Vitória, ES: INCAPER, 2017, p. 281-295.

MANTOVANI, E. C. **Compactação de solos**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 3, p. 1-3, 1987.

MELO, E. A. S. C.; HAKAMADA, R. E.; JUNIOR, J. C. A.; BAZANI, J. H.; ROCHA, J. H. T.; GONÇALVES, J. L. M. **Controle de qualidade das atividades silviculturais e silvicultura de precisão: ferramentas para gestão eficiente e aumento da produtividade madeireira**. Série Técnica, IPEF, v. 24, n. 45, p. 59-61, julho de 2016.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S. & MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária, Brasília**, v. 35. n. 5. 929- 938, março, 2000.

[ROSSETTI, K. V.](#); [CENTURION, J. F.](#) Compactação em Latossolos cultivados com milho submetidos à diferentes pressões induzidas por tratores. *Revista de Ciências Agro-Ambientais (online)*, v. 15, p. 21-31, 2017.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M. Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 115-124, 2005.

SILVA, H. A. S.; BUZETTI, S; GAZOLA, R. N.; MARQUES, G.G.; TEIXEIRA FILHO, M.C.M.; GAZOLA, R. P. D. Crescimento inicial de clones de *Eucalyptus* em função da adubação de NPK. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Ilha Solteira, v. 13, n.1, p. 44-50, 2019.

SIMÕES, D.; SILVA, M. R.; FENNER, P. T. Desempenho operacional e custos da operação de subsolagem em área de implantação de eucalipto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 692-700, 2011.

[SOUZA, M. J. H. DE.](#); RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; [LEITE, F. P.](#); [MINUZZI, R. B.](#) *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 3, p. 629-638, 2006.

STOLF, R; SILVA, J. R.; GOMEZ, J. A. M. Grades agrícolas: Evolução histórica de seus mancais. **Revista ALCOOLbrás**, São Paulo, v. 115, p. 65- 69. 2008.

TRINDADE, C.; MELO, E. A. S. C. Controle de Qualidade das Práticas Silviculturais **Série técnica IPEF**, v. 24, n.45, p. 21-25, 2016.

Capítulo 24

TEOR E CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM MUDAS DE *Tectona grandis* PRODUZIDAS EM SUBSTRATOS ORGÂNICOS

Paulo André Trazzi¹, Juscelina Arcanjo dos Santos²,
Marcos Vinicius Wincler Caldeira¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras (Ufla), Brasil

Autor correspondente: celinarcanjo@hotmail.com

Resumo: Uma das alternativas viáveis para contornar o problema de descarte de resíduos ao meio ambiente e também contribuir com a sustentabilidade dos sistemas de produção consiste na utilização destes resíduos no setor florestal. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade e o estado nutricional de mudas de *Tectona grandis* Linn F. produzidas em substratos formulados com esterco de animais. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituído por dez tratamentos, com seis repetições por tratamento sendo cada repetição constituída por quatro plantas. Os tratamentos foram constituídos por diferentes composições de substratos os quais utilizaram como fonte de matéria orgânica: esterco bovino (EB), cama de frango (CF) ou esterco de codorna (EC) associados a diferentes proporções de terra de subsolo (TS). Ao final do experimento, noventa dias após o plantio das mudas, foi realizada a análise química da parte aérea das mudas para determinação dos teores totais de macro e micronutrientes e o acúmulo de nutrientes nas plantas. O uso de resíduos orgânicos de animais como componente de substrato proporcionou aumento nos teores totais e disponíveis de nutrientes para as mudas. De uma forma geral, as mudas de *Tectona grandis* produzidas com EB apresentaram maiores teores de K, Ca, S, Zn e Mn; a CF elevou os teores de P, Ca, Zn e Mn; e o EC contribuiu para o aumento dos teores de P, K, Ca, S, Zn, Fe, Mn, Cu e B. Para o acúmulo de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis*, o maior acúmulo de nutrientes foi observado no tratamento com 35% de CF.

Palavras chave: Nutrição mineral; Sustentabilidade; Viveiros florestais.

NUTRIENT CONTENT AND CONCENTRATION OF *Tectona grandis* SEEDLINGS PRODUCED ON ORGANIC SUBSTRATES

Abstract: A viable alternative to circumvent the problem of waste disposal in the environment and contribute to the sustainability of production systems is to use this waste in the forest sector. Thus, the objective of this work was to evaluate the viability and nutritional status of *Tectona grandis* Linn F. seedlings produced on substrates formulated with animal manures. The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC) consisting of ten treatments, with six replications per treatment and each repetition consisted of four plants. The treatments consisted of different substrates compositions that used as source of organic matter animal manure: cattle manure (EB), chicken litter (CF) or quail manure (EC) associated with different proportions of subsoil (TS). At the end of the experiment, ninety days after seedling planting, a chemical analysis of the shoot system was performed to determine the total macro and micronutrient concentration and the nutrient accumulation in the plants. The use of organic animal residues as substrate component increased the total and available nutrient concentration of the seedlings. In general, *Tectona grandis* seedlings produced with EB presented higher concentration of K, Ca, S, Zn and Mn; CF increased the concentration of P, Ca, Zn and Mn; and EC contributed to the increase of P, K, Ca, S, Zn, Fe, Mn, Cu and B concentration. For the nutrient accumulation, the highest nutrient accumulation was observed in the 35% CF treatment.

Keywords: Mineral nutrition; Sustainability; Forest Nursery

1. INTRODUÇÃO

A utilização de materiais renováveis no setor florestal tem sido uma alternativa para contornar o descarte de resíduos ao meio ambiente podendo contribuir para sustentabilidade dos sistemas de produção como a redução no acúmulo de resíduos e redução de custos. Diversos são as possibilidades de utilização de resíduos orgânicos no meio florestal, podendo citar a utilização de resíduos como biofertilizantes, condicionantes de solo e também na composição de substratos para a produção de mudas. A utilização destes materiais como componentes de substrato é possível em função das características orgânicas dos resíduos (SANTOS et al., 2014).

As formulações dos substratos comumente utilizados para a produção de mudas podem ser compostas por um único material ou pela combinação de diferentes tipos de materiais. No entanto estes substratos devem apresentar características desejáveis como: facilidade de manuseio, disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos, possuir elementos essenciais, além de apresentar baixo custo, boa textura e estrutura (CALDEIRA et al., 2011).

Espécies florestais com potencial madeireiro têm ganhado espaço no setor florestal, podendo destacar a *Tectona grandis* Linn F. popularmente conhecida por teca, que vem aumentando anualmente as áreas de plantio. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) no ano de 2017 a área de plantio da espécie foi de aproximadamente 88.000 hectares (IBÁ, 2017). A teca é uma espécie arbórea decídua de floresta tropical, pertencente à família Lamiaceae, apresenta densidade básica em média 0,55g/cm³, utilizada na fabricação de móveis de luxo, na construção naval e outros fins nobres, possui elevado valor e alta procura no mercado internacional (FIGUEIREDO et al., 2005).

Por ser uma espécie promissora no setor florestal é fundamental desenvolver pesquisas que visam garantir a sustentabilidade do sistema de produção bem como a redução de custos nestes sistemas. Estudos com a utilização de resíduos orgânicos como componentes de substratos para a produção de mudas de *Tectona grandis* tem apresentado resultados promissores na qualidade das mudas indicando resultados superiores no crescimento e nos aspectos nutricionais quando comparado ao substrato comercial (TRAZZI et al., 2014).

A matéria orgânica é um componente essencial na composição dos substratos já que aumentam a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas, além de reduzir a densidade aparente, aumentando a porosidade do substrato (PADOVANI, 2006). A utilização de resíduos orgânicos como esterco de animais, resíduos de cama de frango são fontes alternativas que podem fornecer os nutrientes necessários na composição dos substratos de espécies florestais com baixo custo de produção. Diante da importância da utilização dos resíduos na composição de substratos na produção de mudas visando garantir sustentabilidade o objetivo deste trabalho foi avaliar o estado nutricional de mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com esterco de animais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Viveiro Florestal do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (DEF/CCA-UFES), Alegre – ES, com coordenadas geográficas de 20°45' S e 41°31' W, altitude média de 277 m. O clima do município de Alegre é classificado como Aw (tropical com inverno seco), sendo a temperatura média anual de 23°C e precipitação anual em torno de 1.200 mm (BLAIN et al., 2010).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) constituído por dez tratamentos, com seis repetições por tratamento sendo cada repetição constituída por quatro plantas. Os tratamentos foram constituídos por diferentes composições de substratos os quais utilizaram como fonte de matéria orgânica: esterco de codorna (EC), esterco bovino (EB) e cama de frango (CF) associados a diferentes proporções de terra de subsolo (TS). Para adquirir

mais consistência e porosidade ao substrato, utilizou-se uma fração de 25% de substrato comercial florestal para todas as combinações entre esterco de animais e terra de subsolo (Tabela 1).

Tabela 1. Substratos formulados (v:v:v) com esterco bovino (EB), cama de frango (CF) e esterco de codorna (EC) associados à terra de subsolo (TS) e ao substrato comercial florestal (SC)

Tratamentos	SC	TS	EB	CF	EC
M1	25%	40%	35%	-	-
M2	25%	50%	25%	-	-
M3	25%	60%	15%	-	-
M4	25%	40%	-	35%	-
M5	25%	50%	-	25%	-
M6	25%	60%	-	15%	-
M7	25%	40%	-	-	35%
M8	25%	50%	-	-	25%
M9	25%	60%	-	-	15%
S10	100% Substrato comercial florestal				

A determinação dos teores totais de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn, B) dos tratamentos, bem como dos componentes de substrato para a formulação dos tratamentos (Tabela 2), foi realizada no Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) do DEF/CCA-UFES, Jerônimo Monteiro-ES, segundo a metodologia descrita por EMBRAPA (1999).

Tabela 2. Teores totais de macro e micronutrientes dos tratamentos e dos componentes dos substratos nos tratamentos

Componentes	N g.kg ⁻¹	P	K	Ca	Mg	S	Zn mg.kg ⁻¹	Fe	Mn	Cu	B
M1	2,1	1,1	2,2	6,1	2,6	0,07	52	32640	154	10	4
M2	1,8	0,9	1,7	7,2	3,5	0,06	47	31520	118	7	4
M3	1,8	0,9	1,4	9,3	3,4	0,06	40	32400	109	8	4
M4	3,9	3,0	1,4	6,7	2,5	0,06	110	29160	138	22	7
M5	2,5	1,6	1,4	13	2,2	0,06	69	34680	125	14	2
M6	2,5	1,6	1,4	4,5	1,9	0,06	66	35280	109	16	5
M7	2,5	1,3	1,3	4,9	1,3	0,07	61	37560	91	14	7
M8	2,1	2,1	1,7	14,2	2,2	0,07	79	36160	128	14	6
M9	2,5	1,3	1,3	4,9	1,3	0,07	61	37560	91	14	7
S10	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	44	9200	199	10	14
TS	0,4	0,5	0,8	11,4	2,2	0,06	39	37880	83	11	9
EB	4,6	1,6	4,5	12,7	5,1	0,05	68	12560	216	11	10
CF	7,7	4,6	2,4	14,2	5,7	0,06	256	7600	259	40	18
EC	7,7	4,8	4,3	35,7	4,8	0,09	219	9720	197	25	17

Nota: TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 - substrato comercial florestal.

Ao final do experimento, noventa dias após o plantio das mudas, três plantas por tratamento foram selecionadas para análise química da parte aérea e determinação dos teores dos nutrientes, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (2009), no LAFARSOL. O acúmulo de

macronutrientes (mg kg^{-1}) e micronutrientes ($\mu\text{g kg}^{-1}$) foram obtidos por meio das equações (Eq), Eq.1 e Eq.2, respectivamente:

$$\text{Acúmulo de macronutrientes} = \text{MSPA(g)} \times \text{teor de nutrientes (g kg}^{-1}\text{)} / 1000 \quad (1)$$

$$\text{Acúmulo de micronutrientes} = \text{MSPA(g)} \times \text{teor de nutrientes (mg kg}^{-1}\text{)} / 1000 \quad (2)$$

Para o cálculo do acúmulo de nutrientes da parte aérea das mudas, considerou-se os teores de nutrientes de cada tratamento multiplicando-se por sua respectiva massa (Tabela 3).

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (MSPA, em gramas) de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos	MSPA (g)
M1	0,75
M2	0,83
M3	0,63
M4	1,04
M5	0,92
M6	0,59
M7	0,42
M8	0,90
M9	0,51
S10	0,40

Nota: TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 - substrato comercial florestal.

Os parâmetros analisados foram submetidos à análise estatística por meio do teste Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade. Visando correlacionar as características químicas dos substratos e os teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* utilizou-se a correlação de Pearson. Realizou-se também uma correlação entre as características químicas dos substratos e os acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas produzidas nos substratos formulados com esterco de animais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou diferenças significativas entre os tratamentos, ressaltada pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Nas tabelas 4 e 5 são apresentados os efeitos dos substratos formulados com esterco de animais nos teores e acúmulos de nutrientes nas mudas de *T. grandis*.

As mudas produzidas no tratamento S10 (substrato comercial florestal) apresentaram os maiores teores de N, Ca, Mg e Mn, que pode ser explicado pelo fato deste substrato apresentar maiores teores destes nutrientes que os demais tratamentos (Tabela 2).

Tabela 4. Médias dos teores de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados com esterco de animais

Tratamentos	N g.kg ⁻¹	P	K	Ca	Mg	S	Zn mg.kg ⁻¹	Fe	Mn	Cu	B
M1	11,3c ¹	6,3 b	8,8 a	8,5 c	3,0 f	1,5 b	44,6 c	159,2 b	32,7 c	9,5 c	51,8 c
M2	10,8c	7,1 b	7,8 b	12,7 b	3,8 e	1,7 a	50,5 b	157,2 b	37,7 b	9,5 c	54,8 c
M3	9,4 c	5,3 c	7,0 c	14,5 a	3,4 f	1,5 b	63,0 a	172,6 b	46,2 a	8,5 d	50,1 c
M4	10,8 c	7,5 b	5,1 d	14,9 a	6,6 b	1,1 c	61,3 a	144,4 b	39,5 b	10,5 b	38,5 d
M5	10,6 c	7,3 b	5,6 d	15,0 a	5,2 c	1,5 b	45,8 c	144,1 b	47,7 a	9,3 c	49,2 c
M6	10,5 c	8,5 a	6,9 c	14,7 a	4,5 d	1,5 b	51,5 b	150,9 b	37,9 b	9,9 c	51,9 c
M7	12,6 b	9,0 a	9,6 a	12,3 b	3,9 e	1,9 a	60,2 a	164,5 b	25,2 d	11,4 a	63,6 a
M8	10,8 c	8,9 a	8,0 b	14,3 c	4,6 d	1,8 a	53,1 b	160,2 b	38,5 b	10,7 b	60,7 a
M9	10,1 c	9,4 a	7,6 b	15,6 a	3,7 e	1,5 b	60,2 a	204,7 a	47,0 a	8,9 d	57,1 b
S10	13,7 a	2,1 d	6,9 c	14,1 a	7,4 a	1,4 b	54,3 b	160,8 b	49,4 a	2,8 e	30,1 e
CV (%)	5,2	8,0	9,9	7,6	5,3	7,4	5,3	7,7	6,0	4,7	4,9

Nota: ¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 - substrato comercial florestal.

O mesmo pode ser observado para os teores de K na parte aérea, onde os tratamentos M1 (40%TS + 35%EB) e M7 (40%TS + 35%EC) apresentaram as maiores médias, fato explicado pela ocorrência de maiores teores de K nestes resíduos (Tabela 2). Os maiores teores de P da parte aérea das mudas foram obtidos nos tratamentos M6 (60%TS + 15%CF), M7 (40%TS + 35%EC), M8 (50%TS + 25%EC) e M9 (60%TS + 15%EC).

Os teores de micronutrientes na parte aérea das mudas determinados segundo a metodologia da EMBRAPA (1999), com exceção do Mn, não foram influenciados diretamente pelo substrato, uma vez que não houve relação dos teores totais e disponíveis dos substratos com os teores de nutrientes nas plantas.

Para todos os nutrientes analisados, o tratamento M4 (40%TS + 35%CF) apresentou os maiores acúmulos na parte aérea das mudas (Tabela 5). O maior ganho em biomassa das mudas neste tratamento pode explicar esse fato (Tabela 3). No mesmo sentido, o menor incremento na massa das mudas no tratamento S10 (substrato comercial florestal) proporcionou, estatisticamente, o menor acúmulo para a maioria dos nutrientes, com exceção do N, Mg e Mn.

Cunha et al. (2006), trabalhando com duas espécies de acácia (*Acacia* sp.), em substrato com terra de subsolo, areia e esterco bovino (1:1:1, v:v:v) encontraram, 90 dias após a semeadura, acúmulos de 7,29 mg planta⁻¹ de N, 4,92 mg planta⁻¹ de P, 9,17 mg planta⁻¹ de K, 7,04 mg planta⁻¹ de Ca e 3,10 mg planta⁻¹ de Mg, nas mudas de *A. mangium*. Para *A. auriculiformis*, os autores encontraram acúmulos de 11,66 mg planta⁻¹ de N, 5,13 mg planta⁻¹ de P, 16,94 mg planta⁻¹ de K, 7,72 mg planta⁻¹ de Ca e 3,42 mg planta⁻¹ de Mg. Para as duas espécies de acácia, o conteúdo acumulado dos macronutrientes foram maiores aos observados nas mudas dos tratamentos do presente estudo.

Em contrapartida, Villela (2007), avaliando substratos orgânicos na produção de mudas de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), encontrou valores abaixo dos obtidos neste estudo: 0,067 a 0,277 mg planta⁻¹ de N, 0,082 a 0,420 mg planta⁻¹ de P, 0,070 a 0,310 mg planta⁻¹ de K, 0,105 a 0,545 mg planta⁻¹ de Ca e 0,017 a 0,175 mg planta⁻¹ de Mg.

Tabela 5. Médias dos acúmulos de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos formulados

Tratamentos	N g.kg ⁻¹	P g.kg ⁻¹	K g.kg ⁻¹	Ca g.kg ⁻¹	Mg g.kg ⁻¹	S g.kg ⁻¹	Zn mg.kg ⁻¹	Fe mg.kg ⁻¹	Mn mg.kg ⁻¹	Cu mg.kg ⁻¹	B mg.kg ⁻¹
M1	2,3b ¹	1,3 c	1,8 b	1,7 e	0,6 e	0,3 b	92,5b	329,7 b	67,8 d	19,7 c	107,3c
M2	2,1 c	1,4 c	1,5 c	2,5 d	0,7 d	0,3 b	101,5b	315,9 b	75,8 c	19,1 c	110,2c
M3	1,1 e	0,6 e	0,8 e	1,7 e	0,4 f	0,1 c	75,6 c	207,1 c	55,4 e	10,2 e	60,2 e
M4	4,1 a	2,9 a	1,9 a	5,7 a	2,5 a	0,4 a	236,8a	557,5 a	152,4 a	40,7 a	148,6a
M5	2,4 b	1,6 b	1,3 d	3,4 b	1,2 b	0,3 b	106,0b	333,2 b	110,2 b	21,5 b	113,7b
M6	1,3 d	1,0 d	0,8 e	1,8 e	0,5 e	0,1 c	66,0c	193,4 c	48,6 e	12,7 d	66,6 d
M7	1,3 d	0,9 d	1,0 e	1,3 f	0,4 f	0,2 c	63,3c	172,8 d	26,5 f	12,0 d	66,9 d
M8	2,2 c	1,8 b	1,6 b	3,0 c	0,9 c	0,3 b	111,2b	335,0 b	80,5 c	22,4 b	127,0c
M9	1,0 e	0,9 d	0,7 e	1,5 f	0,3 f	0,1 d	60,6c	206,1 c	47,4 e	9,0 e	57,5 e
S10	1,3 d	0,2 f	0,6 e	1,4 f	0,7 d	0,1 d	53,9c	159,4 d	49,0 e	2,8 f	29,9 f
CV (%)	4,4	10,3	9,2	8,59	6,2	8,3	8,1	8,0	7,3	8,2	4,5

Nota: ¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). ²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial florestal): M1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, M2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, M3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, M4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, M5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, M6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, M7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, M8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, M9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC, S10 - substrato comercial florestal (SC).

De uma forma geral, os resultados deste estudo foram similares a diversos estudos. É importante ficar claro que o acúmulo e os teores de nutrientes no tecido vegetal dependem de alguns fatores como exigências nutricionais da espécie, idade da muda, época de coleta do tecido, disponibilidade de nutrientes do substrato.

A partir da correlação de Pearson, pode-se observar que a correlação entre cada nutriente no substrato e o teor desse mesmo nutriente na parte aérea das mudas foi significativa e positiva para N ($R = 0,81^{**}$), K ($R = 0,69^{**}$), S ($R = 0,57^{*}$) e Cu ($R = 0,45^{*}$); não significativa para P ($R = 0,33^{ns}$), Ca ($R = -0,04^{ns}$), Mg ($R = 0,33^{ns}$), Zn ($R = 0,29^{ns}$), Fe ($R = 0,18^{ns}$) e Mn ($R = 0,12^{ns}$); e significativa, porém negativa para B ($R = -0,44^{*}$).

Apesar dos altos teores totais de P disponibilizados pelos esterco de animais, a correlação não foi significativa. É possível que devido à altas proporções de terra de subsolo nestes tratamentos (40, 50 e 60%), o P ficou fortemente adsorvido pelos argilo minerais, indicando uma dificuldade de absorção deste nutriente pelas plantas (NOVAIS et al., 2007).

Analisando separadamente o acúmulo de cada nutriente na parte aérea com o teor total deste mesmo no nutriente no substrato, conforme a tabela 5, a correlação foi significativa e positiva para P ($R = 0,49^{*}$), K ($R = 0,58^{*}$), Zn ($R = 0,65^{**}$) e Cu ($R = 0,56^{*}$); não significativa para N ($R = -0,05^{ns}$), Ca ($R = -0,06^{ns}$), Mg ($R = 0,00^{ns}$), S ($R = -0,07^{ns}$), Fe ($R = 0,17^{ns}$) e Mn ($R = 0,09^{ns}$); e significativa, porém negativa para B ($R = -0,53^{*}$).

4. CONCLUSÃO

O uso de esterco bovino, frango ou codorna como componente de substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis*, influenciou significativamente nos teores e conteúdo de nutrientes nas partes aéreas das mudas produzidas.

De uma forma geral, as mudas de *Tectona grandis* produzidas com esterco bovino apresentaram maiores teores de K, Ca, S, Zn e Mn; a cama de frango elevou os teores de P, Ca,

Zn e Mn; e o esterco de codorna contribuiu para o aumento dos teores de P, K, Ca, S, Zn, Fe, Mn, Cu e B.

Para o acúmulo de nutrientes na parte aérea das mudas de *Tectona grandis*, o maior acúmulo de nutrientes foi observado no tratamento com 35% de cama de frango.

A utilização de substratos orgânicos pode ser indicada para produção de mudas de *Tectona grandis* contribuindo para aumento dos teores e acúmulos de nutrientes nas mudas.

REFERÊNCIAS

BLAIN, G. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R. Índice padronizado de precipitação aplicado às condições de seca no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB: v. 14, n. 10, p. 1067–1073, 2010.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Principais tipos e componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: **Caldeira, M.V.W., Garcia, G.O., Gonçalves, E.O., Arantes, M.D.C, Fiedler, N.C. (ed). Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. p. 51- 100, 2011.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G.M.; SAMENTO, R.A.; CUNHA, G.M.; AMARAL, J.F.T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de Acacia sp. **Revista Árvore**, v.30, p.207-214, 2006.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilidade**. Rio de Janeiro: *Embrapa Solos*. 370p.1999.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, L. C.; BARBOZA, L. K. **Teca (*Tectona grandis* Linn F.): principais perguntas do futuro empreendedor Florestal**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

PADOVANI, V. C. R. **Composto orgânico de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de árvores nativas e exóticas**. 2006. 161p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SANTOS, A. T. L.; HENRIQUE, N. S.; SHHLINDWEIN, J. A.; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Aproveitamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos para produção de composto orgânico. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 15–28, 2014.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; CUSATIS, A. C.; HIGA, A. R. Crescimento e nutrição de mudas de *Tectona grandis* produzidas em substratos orgânicos. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 101 p.49-56, 2014.

VILLELA, A.T. **Avaliação de substratos orgânicos na produção de mudas de acácia negra (*Acaciamearnsii* de Wild)**. 2007. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Capítulo 25

PERCEPÇÃO AMBIENTAL SOBRE A COLABORAÇÃO PÚBLICA RELACIONADA À ARBORIZAÇÃO EM CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES

Lucas Duarte Caldas da Silva¹, Vanessa Sessa Dian², Maria Raquel Kanieski³, Emmanoeli de Oliveira³, Gabriel Mancini Antunes da Silva³, Ricardo Sodré Silva¹

¹Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

²Departamento de Agroecologia, Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus de Alegre, Brasil

³Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Santa Catarina (Udesc), Brasil

Autor correspondente: lukedcds@gmail.com

Resumo: A arborização urbana é responsável por proporcionar maior conforto ambiental e melhor bem-estar para a população. Neste contexto, avaliar a percepção acerca da arborização urbana é de grande relevância para compreender a interação entre o homem e o ambiente. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo sobre percepção ambiental acerca de como as pessoas contribuem para manter as florestas urbanas e observam a atuação de serviços públicos relacionados à arborização urbana no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. O estudo foi realizado no bairro centro deste município, no qual abordou-se 10% da população local, totalizando 248 pessoas entrevistadas. As entrevistas foram realizadas por meio da aplicação de questionário com duas questões objetivas. Os resultados obtidos foram que grande parte da população não se considerou responsável ou parte atuante nos cuidados com as árvores presentes na cidade, e grande parte dos entrevistados não fazem nada para contribuir para que a arborização permaneça na cidade. 77% da população entrevistada acredita que a prefeitura da cidade do município não faz serviços de arborização ou faz de maneira inadequada. Portanto, é necessário que sejam oferecidas atividades voltadas à conscientização ambiental à população e aos órgãos públicos para que ambos se envolvam mais com a temática em questão, pois os órgãos públicos possuem a obrigação de planejar, implantar e manejar a arborização, enquanto a população tem que preservar.

Palavras chave: Educação ambiental; Planejamento urbano; Órgãos públicos.

ENVIRONMENTAL PERCEPTION ABOUT THE PUBLIC COLLABORATION RELATED WITH URBAN FOREST IN CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES

Abstract: The urban forests provides greater environmental comfort and better well-being for the population. In this context, evaluate the perception about the urban trees, is of great relevance to understand the interaction between man and the environment. The objective of this work was to conduct a study on environmental perception about how people contribute to the maintenance of urban forests and observe the performance of public services related to urban trees in the city of Cachoeiro de Itapemirim - ES. This study was carried out in the downtown of this city, in which 10% of the local population was approached, totaling 248 people interviewed. The interviews were carried out through the application of a questionnaire with two objective questions, in which one could be chosen more than one option and in the second could be chosen only one alternative per interviewee. Most of the population didn't consider themselves responsible or active part in the care of the trees present in the city. It was also seen that most of the interviewees do nothing to contribute to the urban forests in the city. 77% of the population interviewed believe that the city council of the city of the municipality does not do urban trees services or does in an inadequate way. Therefore, it is necessary that environmental awareness activities be offered to the population and public agencies so that both are more involved with the issue in question, since public agencies have an obligation to plan, implement and manage the urban forests, while the population has to preserve it.

Keywords: Environmental education; Urban planning; Public agencies.

1. INTRODUÇÃO

Após a revolução industrial houve um aumento desordenado de camponeses em direção aos grandes centros, em busca de melhores condições de vida e desenvolvimento pessoal e profissional. Com isso, os centros urbanos cresceram rapidamente sem nenhum planejamento, alterando as características climáticas e afetando a qualidade de vida de seus habitantes, distanciando os mesmos de uma relação harmoniosa com o ambiente natural (SHAMS et al., 2009; RODRIGUES et al., 2010). O aumento das cidades e a consequente retirada da vegetação nativa, acarretou mudanças climáticas abruptas (OLIVEIRA FILHO et al., 2013). No Brasil a maior parte dos grandes centros urbanos são ambientes com grande desconforto térmico, forte nível de insolação na maior parte do ano. Porém, este fenômeno não é sentido apenas nas grandes metrópoles, mas também em cidades menores, onde é notável o desequilíbrio entre o meio ambiente e a sociedade (COELHO; LINHARES, 2006). A arborização urbana é um serviço que proporciona maior conforto ambiental e um melhor bem-estar da população, além de melhorar a paisagem esteticamente, deixando-as mais atrativas (NUCCI, 2008).

A percepção ambiental é compreendida como o ato do ser humano perceber a importância do ambiente à sua volta e reconhecer seus direitos e deveres para com o meio ambiente (COSTA; COLESANTI, 2011). Segundo Fujihara et al. (2017) e Ogawa et al. (2015), a percepção ambiental auxilia no processo de utilização racional dos recursos e em um bom desenvolvimento baseado no tripé da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), no qual se encaixa a arborização urbana, pois ela concentra todo um contexto ambiental, gerando benefícios econômico, social e bem-estar à população. É frequente a ausência de políticas públicas relacionadas ao planejamento, implantação e a falta de acompanhamento técnico no manejo da arborização urbana viária, sendo que tal descuido gera um grande descaso por parte da população quando se trata da arborização das cidades (SILVA, 2012).

Nesse sentido, objetivou-se realizar um estudo com relação a percepção ambiental da população, buscando identificar como a população contribui para manter as florestas urbanas e como as pessoas observam a atuação dos serviços públicos com relação à arborização urbana no município de Cachoeiro de Itapemirim, no Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no bairro centro do município de Cachoeiro de Itapemirim – ES, por ser o bairro mais afetado com relação à destruição das árvores. O município se estende por 864,58 km² e contava com 207.324 habitantes no ano de 2018. Situado a 22 metros de altitude, Cachoeiro de Itapemirim tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 20° 50' 58" Sul, Longitude: 41° 6' 48" Oeste (IBGE, 2019). Possui clima tropical classificado por Alvares et al. (2013) como Aw (clima tropical com inverno seco, apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm.) (EMBRAPA, 2019).

A metodologia utilizada foi adaptada de Pinheiro et al. (2018), na qual, para percepção populacional de municípios ou bairros de até 50.000 habitantes (na área urbana), aborda-se 10,0 % ou mais da população daquele local. Portanto, como Cachoeiro de Itapemirim – ES possuía em 2017 um total de 2.413 habitantes no Bairro Centro, entrevistou-se 248 pessoas (IBGE, 2019; SEMDURB, 2019).

Foi realizado a aplicação de um questionário com duas questões objetivas, sendo que na primeira poderia marcar mais de uma opção e a segunda era apenas uma opção por entrevistado (Quadro 1). A partir disso, foi realizada uma análise descritiva dos dados e os mesmos foram processados em planilha eletrônica, na forma de gráficos com as porcentagens de cada resposta.

Quadro 1. Questionário sobre contribuições de permanência das florestas urbanas e opiniões sobre os serviços públicos aplicado no bairro centro em Cachoeiro de Itapemirim – ES

O que você faz para contribuir para que as árvores permaneçam na cidade?	
1. Solicita técnicos para realizarem o controle de pragas e doenças	4. Realiza irrigação e/ou adubação
2. Solicita os técnicos para realizarem as podas	5. Nada
3. Realiza plantio de árvores	6. Outros
Como você considera a atuação da prefeitura na realização de serviços relacionados as árvores da cidade?	
1. Realiza os serviços de maneira inadequada	3. Realiza os serviços adequadamente
2. Não realiza os serviços	4. Não sabe opinar

Fonte: Autores (2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos por meio da média dos dados, sendo que os mesmos demonstram que grande parte da população não é consciente da sua responsabilidade para com os cuidados que devem ser tomados para conservar e cuidado das árvores presentes na cidade e, ainda, muitos não buscam auxílio dos técnicos responsáveis pela manutenção (Figura 1).

Figura 1. Contribuição da população para que as árvores permaneçam na cidade de Cachoeiro de Itapemirim – ES

Fonte: Autores (2020).

No trabalho realizado por Novais et al. (2017), em Santa Helena - PB, foi verificado que 60% dos entrevistados plantam árvores, o que vai de contrapartida com o resultado obtido neste trabalho, em que apenas 26,61% dos entrevistados realizam plantios de árvores, demonstrando a participação da população na implantação e preservação da arborização urbana, diferente do que ocorre em Cachoeiro de Itapemirim - ES. Se verificou que parte dos entrevistados não fazem nada na contribuição para que a arborização permaneça na cidade, diferindo do estudo de Novais et al. (2017), que observaram que apenas 3% não faziam nada, demonstrando que faltam incentivos e programas de educação ambiental, para que a população possa compreender os reais benefícios das florestas urbanas e as maneje de maneira adequada. Ainda em comparação com o trabalho de

Novais et al. (2017), pode-se verificar que 47% dos entrevistados cuidam das árvores próximas a suas residências, visto que no presente estudo esse número se fez menor (33,06%), havendo a necessidade da população se envolver mais com o assunto, buscando através de pequenos gestos conservar as árvores localizadas nas proximidades e não apenas deixar que este trabalho seja realizado pelos órgãos públicos de cada município.

Como é retratado tanto em Cachoeiro de Itapemirim (2006), quanto em Brasil (1979) e Brasil (2001), em seu respectivo artigo 2º, é de responsabilidade do poder público, de cuidar da arborização urbana, porém, é necessário que a população conserve as árvores, havendo interação entre todos, para que as árvores das vias urbanas realizem seus diversos serviços ecossistêmicos adequadamente.

No estudo de Silva e Moraes (2016), realizado na cidade de Teresina - PI, foi observado que 77% dos entrevistados encontram-se insatisfeitos quando o tema é relacionado a arborização urbana, o que também foi encontrado neste estudo, no qual 77% das pessoas afirmaram que os serviços são realizados de maneira inadequada ou não são realizados (Figura 2). Em contrapartida 23% dos entrevistados acreditam que os serviços públicos são realizados adequadamente ou não souberam opinar (Figura 2), o mesmo foi visualizado no estudo de Silva e Moraes (2016), no qual, 23% dos entrevistados responderam estarem satisfeitos com a arborização viária da cidade.

Figura 2. Opinião da população de Cachoeiro de Itapemirim – ES acerca dos serviços relacionados às florestas urbanas

Fonte: Autores (2020).

Como verificado no estudo de Klein et al. (2016) e Pires et al. (2010), no Brasil, ainda há poucas políticas públicas relacionadas à paisagem e à arborização urbana, devido a isso os órgãos públicos acabam tendo dificuldade para contratação de técnicos da área de arborização e, consequentemente, o serviço pode ser realizado de maneira inadequada.

Sugere-se que seja realizado um programa de conscientização ambiental para a população e para os órgãos públicos da cidade, para que compreendam os reais benefícios da arborização das vias públicas em detrimento dos problemas causados pela implantação e manutenção indevida desta.

4. CONCLUSÃO

Com base no questionário aplicado, pode-se concluir grande parte da população da cidade de Cachoeiro de Itapemirim – ES, não contribui para o manejo da arborização urbana, o que é uma tarefa a ser executada pelos órgãos públicos. A população entrevistada avalia que a prefeitura não realiza os serviços como plantio de mudas, adubação, irrigação, podas e o planejamento da arborização de maneira adequada, deixando a desejar para a população.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos. À Secretaria de Planejamento Urbano de Cachoeiro de Itapemirim – ES e a Secretaria de Meio Ambiente de Cachoeiro de Itapemirim – ES pelas informações acerca do tema.

REFERÊNCIAS

ALVARES, A. C. et al. Climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BRASIL. **Lei nº 10257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 01 de jul. 2019.

BRASIL. **Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Disponível: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm>. Acesso: 30 de jun. 2019.

CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM. **Lei nº 5890, de 31 de outubro de 2006**. Institui o Plano Diretor Municipal e o sistema de planejamento e gestão do município de Cachoeiro de Itapemirim. Disponível em: <http://www.cachoeiro.es.gov.br/pdm/anexos/LEI%205890-2006_PDM.pdf>. Acesso em: 30 de jun. 2019.

COELHO, F. do N.; LINHARES, M. A. S. Compensação ambiental aplicada na arborização urbana da cidade de Vitória – ES. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba - SP, v. 1, n. 1, p. 45-55, 2006.

COSTA, R. G. S.; COLESANTI, M. M. A contribuição da percepção ambiental nos estudos das áreas verdes. **Revista RA'E GA**. Curitiba-PR, v. 22, n. 2, p. 238-251, 2011.

EMBRAPA. **Clima**. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 30 de jun. 2019.

FUJIHARA, H. M. L.; BRANDALISE, L. T.; BERTOLINI, G. R. F.; ROJO, C. A. Análise da percepção ambiental dos microempreendedores da cidade de Catanduvas - PR. **Revista eletrônica científica do Centro Regional de Administração do Paraná - RECC**. Cascavel - PR, v. 4, n. 1, p. 64-78, 2017.

IBGE. **Cachoeiro de Itapemirim**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/cachoeiro-de-itapemirim/panorama>>. Acesso em: 21 de fev. 2019.

KLEIN, R. M. M. de A.; HARD, L. P. A.; REZENDE, D. A. Planejamento participativo da paisagem na cidade digital: análise de potencialidades em Curitiba, Paraná. **Revista de Gestão e Secretariado - GeSec**. São Paulo - SP, v. 7, n. 3, p. 226-252, 2016.

NOVAIS, D. B.; SOUTO, P. C.; BARROSO, R. F.; CAMAÑO, J. D. Z.; FERREIRA, V. S. G. Arborização na cidade de Santa Helena na Paraíba: a percepção dos seus munícipes. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v. 12, n. 1, p. 31-45, 2017.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008.

OGAWA, C. C.; SIQUEIRA, A. J. C.; FERREIRA, A. A. de A.; FABRIN, B. P.; SANTOS, F. D. dos; SILVA, G. B. da; COELHO, J. F.; HIROTA, L. N.; SILVA, L. F.; MASCHETTI, S. H.; MOREIRA, T.; MIRANDA, L. P. de; CIRAQUI, R. A.; RIBAS, E. C.; SANTOS, J. A. dos; SILVA, M. R. da; FONSECA, R. C. B. Educação ambiental e arborização urbana: transformando o espaço social. *in: 8º Congresso de Extensão Universitária da UNESP, diálogos da extensão: do saber acadêmico à prática social*. Botucatu - SP, UNESP, 2015.

OLIVEIRA FILHO, P. C. de; ANDRADE, A. R. de; HABERLAND, N. D.; POTIKER, G. S.; SILVA, F. C. B. A importância das áreas verdes em uma cidade de pequeno porte: estudo de caso na cidade de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v. 8, n. 1, p. 89-99, 2013.

PINHEIRO, P. B. G.; BARCELLOS, A.; WOJCIKIEWICZ, C. R.; BATISTA, D. B.; BRUN, F. G. K.; MAZUCHOWSKI, J. Z.; LEAL, L.; MUCHAILH, M. C.; FERRONATO, M. de L.; SCHARNIK, M.; CONTE, P. A.; SILVA, P. L. da; BOBROWSKI, R.; ALQUINI, Y. **Manual para elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana**, Curitiba – PR, 2ª ed., 67p., 2018.

PIRES, N. A. M. T.; MELO, M. da S.; OLIVEIRA, D. E. de; XAVIER-SANTOS, S. A arborização urbana do município de Goiandira/GO - caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU**. Piracicaba - SP, v. 5, n. 3, p. 185-205, 2010.

RODRIGUES, T. D.; MALAFAIA, G.; QUEIROZ, S. E. E.; RODRIGUES, A. S. de L. Percepção sobre arborização urbana de moradores em três áreas de Pires do Rio – Goiás. **REA – Revista de Estudos Ambientais**. Blumenau – SC, v.12, n.2, p.47-61, 2010.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM - ES (SEMDURB), comunicação pessoal em 11 de fevereiro de 2019, recebida por telefone.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, M. N. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. Piracicaba – SP, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

SILVA, R. N. da. Caracterização e análise quali-quantitativa da arborização em praças da área central da cidade de Arapiraca, AL. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU**. Piracicaba - SP, v. 7, n. 2, p. 102-115, 2012.

SILVA, S. L. da; MORAES, M. V. A. R. Arborização urbana: percepção ambiental dos residentes do entorno do viveiro de mudas da zona norte, Teresina - Piauí. **Revista Espaço Aberto**. Rio de Janeiro - RJ, programa de pós-graduação em geografia - PPGG, Universidade Federal do Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, p. 127-145, 2016.

Capítulo 26

LEVANTAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM BAIRRO DO MUNICÍPIO DE JERÔNIMO MONTEIRO – ES

João Vitor Spala Viana¹, Ana Paula Alcure Honório¹, Maria Paula Reggiane Silveira¹,
Amanda Oliveira da Conceição¹, Rafael Marian Callegaro²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Engenheiro Florestal, Prof. Associado Dr., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Brasil

Autor correspondente: spalajoao@hotmail.com

Resumo: A acelerada expansão territorial dos centros urbanos fez com que o solo passasse a ser um recinto disputado para a implantação de residências, indústrias e rodovias. Ao passo disso, a arborização urbana surge como uma forma de realçar ambientes abstratos, gerar beleza cênica e melhorar as condições microclimáticas locais. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento florístico das espécies arbóreas que compõem o bairro Paraná, no município de Jerônimo Monteiro – ES. Foram percorridas as ruas do bairro e, a partir do inventário do tipo censo (100%), foram registrados os indivíduos com no mínimo 2,0 m de altura. Totalizaram-se 105 indivíduos, pertencentes a 18 famílias e 27 espécies. As espécies mais frequentes foram *Licania tomentosa* e *Murraya paniculata*. O índice de diversidade Shannon-Weaver encontrado ($H' = 2,548$) é considerado baixo para a região, podendo ser compreendido pela distribuição caótica de espécies a partir da inexistência do planejamento da arborização urbana. Em relação ao diâmetro (DAP), a maioria dos indivíduos concentraram-se na classe de 2 a 17 cm, evidenciando que a distribuição diamétrica da arborização seguiu uma disposição regular, denotando-se que a população é basicamente jovem, cujo estágio de desenvolvimento é caracterizado inicial. O bairro Paraná é uma área caracterizada por apresentar baixa diversidade de espécies, sendo que o predomínio de *L. tomentosa* sobre todo o bairro evidencia a falta de planejamento na escolha das espécies. Ressalta-se a necessidade de ações de melhoria no bairro, que pode ser intermediada a partir da comunidade local, Prefeitura Municipal e a comunidade acadêmica.

Palavras chave: Florística; Diversidade; Arborização.

SURVEY OF ARBOR SPECIES IN NEIGHBORHOOD OF THE MUNICIPALITY OF JERÔNIMO MONTEIRO – ES

Abstract: The rapid territorial expansion of urban centers has made the soil a disputed venue for the establishment of homes, industries and highways. In the meantime, urban afforestation emerges as a way of enhancing abstract environments, generating scenic beauty and improving local microclimate conditions. The objective of this work was to perform a floristic survey of the tree species that make up the Paraná neighborhood, in the municipality of Jerônimo Monteiro - ES. The streets of the neighborhood were traversed and, from the census-type inventory (100%), individuals with a minimum height of 2.0 m were recorded. There were 105 individuals belonging to 18 families and 27 species. The most frequent species were *Licania tomentosa* and *Murraya paniculata*. The Shannon-Weaver diversity index found ($H' = 2,548$) is considered low for the region and can be understood by the chaotic distribution of species from the absence of urban tree planting planning. Regarding diameter (DBH), most individuals were concentrated in the 2 to 17 cm class, showing that the diameter distribution of the afforestation followed a regular disposition, indicating that the population is basically young, whose stage of development is initial characterized. The Paraná neighborhood is an area characterized by low species diversity, and the predominance of *Licania tomentosa* over the whole neighborhood shows the lack of planning in the choice of species. It's emphasized the need for improvement actions in the neighborhood, which can be intermediated from the local community, the City Hall and the academic community.

Keywords: Floristic; Diversity; Afforestation.

1. INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial, em meados do século XIX, o homem vem trocando o meio rural pelo urbano em vista de uma melhoria nas suas condições de vida, seja no acesso a bens comuns públicos como nas maiores oportunidades de emprego. Perante esse contexto, houve um crescimento desordenado de grande parte das cidades brasileiras, fazendo com que o solo fosse ocupado de forma irregular, dificultando o planejamento urbano adequado. A arborização urbana pelos benefícios que traz, deveria ser considerada como um dos elementos naturais mais importantes que compõem o ecossistema das cidades e imprescindível no planejamento urbano (OLIVEIRA et al., 2013).

A falta de planejamento na implantação e na manutenção da arborização urbana é evidenciada em diversas cidades brasileiras e mesmo em outros países, ocasionando problemas, tais como: diversidade reduzida de espécies (McPHERSON, 2003; SILVA et al., 2007; MELO et al., 2007), uso excessivo de espécies exóticas e manutenção deficiente (RACHID e COUTO, 1999; SILVA FILHO et al., 2002), o que acarreta conflitos entre as árvores e os elementos urbanos (VELASCO et al., 2006).

Pivetta e Da Silva-Filho (2002) ressaltam que é necessário conhecer as particularidades de cada espécie, tanto nas condições físicas atuais, quanto as condições ambientais as quais serão dispostas. Conforme explica Graziano (1994), a arborização de uma via, bairro ou município deve ser composta por mais de uma espécie, onde a análise da via a ser arborizada deve ser realizada de maneira minuciosa, pois áreas residenciais e comerciais deverão ter tratamento e espécies distintas, de modo que a escolha das espécies seja realizada de acordo com as características de cada local.

É preferível que se use espécies da flora nativa, o que infelizmente não vem ocorrendo, gerando conflitos com os interesses urbanos, tais como entupimento de calhas, quebra de calçadas, desligamentos na rede elétrica, dentre outros. A arborização, por um lado, acresce valor à qualidade de vida da população de uma cidade, por meio da ornamentação, melhoria microclimática e diminuição da poluição, por outro lado, o meio urbano não é o local mais adequado para as árvores por não se constituir em seu habitat (SILVA et al., 2007).

Diante do cenário exposto, objetivou-se fazer um levantamento da diversidade de espécies arbóreas no bairro Paraná, localizado no município de Jerônimo Monteiro-ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

As análises da arborização urbana da presente pesquisa foram realizadas no município de Jerônimo Monteiro-ES, no bairro Paraná. De acordo com a prefeitura municipal, o bairro encontra-se nas coordenadas UTM 24 K (251341 E e 7699051 S).

Segundo a classificação de Köppen, a região que abrange Jerônimo Monteiro apresenta clima tipo Af, caracterizando-se por clima tropical chuvoso e quente, com temperatura superior a 18° C no mês mais frio (GONÇALVES et al., 2009).

A área do bairro contabilizou cerca de 4,97 ha, emarginadas por ruas de calçamento de paralelepípedo e de baixa circulação de automóveis.

2.2 Levantamento de dados

A metodologia utilizada para o levantamento de dados foi o inventário do tipo censo (100%), sendo considerado o mais apropriado para áreas menores e com poucos indivíduos (SOARES; DE PAULA NETO; SOUZA, 2011). A coleta dos dados foi feita em abril de 2019, sendo realizada em todas as ruas do bairro. Somente os indivíduos com no mínimo 2,0 m de altura foram levados em consideração no estudo.

Os dados coletados foram catalogados em planilha impressa e, posteriormente, trabalhados em planilha eletrônica. A planilha de campo utilizada apresentava o preenchimento das seguintes informações: data de coleta, número de identificação, nome científico, nome popular, família, diâmetro a 1,3 m (DAP) e altura.

Foi realizada a coleta de material botânico para posterior identificação por consulta a bibliografias e comparação com exsicatas armazenadas no Herbário Central de Vitória (VIES) – subcuradoria Jerônimo Monteiro da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Jerônimo Monteiro-ES.

2.3 Parâmetros de avaliação

2.3.1 Frequência absoluta (1) e relativa (2)

Este parâmetro informa com que frequência a espécie ocorre (SCHNEIDER & SCHNEIDER, 2008).

$$FAi = \frac{ui}{ut} \cdot 100 \quad (1)$$

$$FRi = \frac{FAi}{\sum FAi} \cdot 10 \quad (2)$$

Onde: FAi = frequência absoluta da i-ésima espécie; FRi = frequência relativa da i-ésima espécie; ui = número de indivíduos da i-ésima espécie; ut = número de indivíduos totais.

2.3.2 Índice de diversidade de Shannon-Weaver (3)

A diversidade de espécies foi calculada com base no índice de diversidade de Shannon-Weaver, que considera peso igual entre as espécies raras e abundantes (SCHNEIDER & SCHNEIDER, 2008).

$$H' = \frac{[N \cdot \ln(N) - \sum ni \cdot \ln(ni)]}{N} \quad (3)$$

Onde: H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver; N = número total de indivíduos amostrados; ni = número de indivíduos da i-ésima espécie; Ln = logaritmo neperiano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 105 indivíduos distribuídos em 27 espécies e 18 famílias, na área abrangida pelo estudo (Tabela 1). Do total de indivíduos amostrados, destaca-se a maior frequência para o oiti (*Licania tomentosa*) compondo a arborização, correspondendo a 36,19%.

Tal fato pode estar relacionado com a falta de seleção de espécies ante plantio, fazendo com que poucas espécies fossem escolhidas para composição de uma certa área.

Tabela 2. Espécies inventariadas na arborização do bairro Paraná no município de Jerônimo Monteiro – ES

Família	Espécie	FA	FR
Araliaceae	<i>Polyscias scutellaria</i> Burm.f.	1	0,95
	<i>Schefflera</i> sp.	2	1,90
Arecaceae	<i>Cocus nucifera</i> L.	1	0,95
	<i>Dypsis lutescens</i> H. Wendel	3	2,86
Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> L.	1	0,95
	<i>Dracaena marginata</i> Lam.	1	0,95
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i> Cham.	1	0,95
	<i>Handroanthus</i> sp.	4	3,81
	<i>Tecoma stans</i> Juss.	2	1,90
Bombacaceae	<i>Pachira aquática</i> Aubl.	3	2,86
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	1	0,95
Chrysobalanaceae	<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	38	36,19
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd Ex Koltz	1	0,95
Fabaceae	<i>Clitoria fairchildiana</i> H.	8	7,62
	<i>Inga edulis</i> M.	3	2,86
	<i>Tamarindus indica</i> L.	1	0,95
	<i>Bertholletia excelsa</i> H. & B.	3	2,86
Lythraceae	<i>Lagerstroemia indica</i> L.	3	2,86
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> L.	1	0,95
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	1	0,95
	<i>Ficus benjamina</i> L.	4	3,81
	<i>Psidium guajava</i> L.	1	0,95
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> L.	2	1,90
	<i>Triplaris americana</i> L.	1	0,95
Polygonaceae	<i>Triplaris americana</i> L.	1	0,95
Punicaceae	<i>Punica granatum</i> L.	1	0,95
Rubiaceae	<i>Mussaenda alicia</i> Hort.	2	1,90
Rutaceae	<i>Citrus limonia</i> L.	3	2,86
	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	12	11,43

As dez espécies mais frequentes (77,14%) representam mais da metade da população total amostrada. A elevada representatividade dessas espécies foi superior ao registrado no município de Guaçuí – ES, em que a população atingiu 67,5% (GRUGIKI et al., 2009) e no município de Socorro – SP que somou 67,8 % do total (SARTORI & BALDERI, 2019).

A diversidade florística do bairro, segundo o índice de diversidade de Shannon-Weaver (H'), foi 2,548, valor que pode ser considerado baixo se comparado a um trabalho realizado em Santa Leopoldina – ES, onde foi encontrado $H' = 3,351$ (CREPALDI & PEIXOTO, 2013). O índice de diversidade encontrado ($H' = 2,548$) reflete da baixa diversidade de espécies no bairro, podendo ser compreendida pela distribuição caótica de espécies, as quais podem ter sido plantadas pelos próprios moradores da localidade, sem um plano de arborização urbana.

Avaliando as classes de altura (Figura 1), percebeu-se a predominância de exemplares de pequeno porte, compreendidas entre a classe 2 a 3,5 m, representando 37,04% da população. De acordo com Silva, Cardoso e Raphael (2012) essa concentração de indivíduos na primeira classe de altura pode ser explicada mais pelas podas de rebaixamento de copa do que ao porte natural da espécie, sendo influenciada pela maior ocorrência de *Licania tomentosa*, cuja espécie é naturalmente classificada como de grande porte.

Figura 1. Frequência de indivíduos, em diferentes classes de altura, da arborização do bairro Paraná, em Jerônimo Monteiro – ES

Figura 2. Classes de diâmetros a 1,3 m (DAP) observados na arborização do bairro Paraná, em Jerônimo Monteiro – ES

Em relação ao diâmetro, os indivíduos se concentraram na primeira classe (Figura 2), compreendida entre 2 e 17 cm (DAP), evidenciando que a distribuição diamétrica da arborização seguiu uma disposição regular, padrão característico de plantios inequiâneos, onde o número de indivíduos diminui à medida em que se aumenta as classes de diâmetro (RONDON et al., 2002). Com base no levantamento do bairro Paraná, a maioria das espécies constituiu-se por indivíduos jovens, cujo estágio de desenvolvimento é caracterizado inicial.

4. CONCLUSÃO

O bairro Paraná é uma área urbana caracterizada por apresentar baixa diversidade de espécies. O predomínio de *Licania tomentosa* sobre todo o bairro evidencia a falta de planejamento na escolha das espécies, sendo necessário realizar a substituição destas no sentido

de ampliar a riqueza de espécies, implantando preferencialmente nativas e evitando a uniformidade.

É imprescindível promover ações conjuntas entre a comunidade local, a Prefeitura Municipal e a comunidade acadêmica, de forma a integrar os conhecimentos e aplicá-los na arborização urbana.

REFERÊNCIAS

- CREPALDI, M. O. S.; PEIXOTO, A. L. Florística e Fitossociologia em um fragmento manejado por quilombolas em Santa Leopoldina, Espírito Santo, Brasil: ferramentas para restauração no Corredor Central da Mata Atlântica. **Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão**, v. 31, p. 5-24, 2013.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; DELA LUCIA, R. M.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 2, p. 277-288, 2009.
- GRAZIANO, T. T. **Viveiros Municipais**. Departamento de Horticultura-FCAV/JUNESP. Notas de Aula, 1994.
- GRUGIKI, M. A.; VERVLOET FILHO, R. H.; SILVA, A. G. **Diagnóstico da arborização urbana no município de Guaçuí**. In: XIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2009, Rio Branco. XIII Congresso Brasileiro de Arborização Urbana. Rio Branco: SBAU. v. 1, p.1-12, 2009.
- McPHERSON, E. G. A benefit-cost analysis of ten street tree species in Modesto, California, U. S. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 1, p.1-7, 2003.
- MELO, R. R.; LIRA FILHO, J. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 2, n. 1, p. 64-78, 2007.
- OLIVEIRA, A. S.; SANCHES, L.; DE MUSIS, C. R. Benefícios da arborização em praças urbanas - o caso de Cuiabá/MT. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 1900-1915, 2013.
- PIVETTA, K. F. L.; DA SILVA-FILHO, D. F. **Arborização Urbana**. In: Boletim Acadêmico: Série Arborização Urbana. UNESP/FCAV/FUNEP, Jaboticabal, São Paulo: 2002.
- RACHID, C.; COUTO, H. T. Z. Estudo da eficiência de dois métodos de amostragem de árvores de rua na cidade de São Carlos – SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 59-68, 1999.
- RONDON NETO, R. N. M.; WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.; SHOENINGER, E. R. Análise florística e estrutural de um fragmento de floresta ombrófila mista montana, situado em Criúva, RS - Brasil. **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 29-37, 2002.
- SARTORI, R. A.; BALDERI, A. P. Inventário da arborização urbana do município de Socorro—SP e proposta de um índice de danos à infra-estrutura das cidades. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 6, n. 4, p. 68-89, 2019.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. [2. ed]. Santa Maria: UFSM, FACOS, 2008. 556 p.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 629-642, 2002.

SILVA, A. G.; CARDOSO, A. L.; RAPHAEL, M. Diagnóstico quali-quantitativo da arborização viária da cidade de Jerônimo Monteiro, ES. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 8, n.14, p. 1179-1188, 2012.

SILVA, L. F.; VOLPE-FILIK, A.; LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. F. Participação comunitária no planejamento viário de alguns bairros da cidade de Americana/SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 47-63, 2007.

SILVA, L. M.; MOCCELLIN, R.; WEISSHEIMER, D. I.; ZBORALSKI, A. R.; FONSECA, L.; RODIGHIERO, D. A. Inventário e Sugestões para Arborização em via pública de Pato Branco/PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p.101-108, 2007.

SOARES, C. P. B.; DE PAULA NETO, F.; DE SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 272p.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 679-686, 2006.

Capítulo 27

QUALIDADE DE MUDAS DE EUCALIPTO SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL

Murilo Henrique Gomes Rufino¹, Antonio Henrique Cordeiro Ramalho²,
Paulo André Trazzi², Emily Soares Gomes da Silva², Eduardo Cordeiro Ramalho¹,
Matheus dos Santos Ornelas¹

¹ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: henriquecr2012@hotmail.com

Resumo: O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantado no Brasil, ocupando uma área superior a 5,6 milhões de hectares de árvores plantadas do país. A principal finalidade da irrigação em viveiros florestais é atender a demanda hídrica das mudas. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de diferentes doses de hidrogel no processo de produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes níveis de lâmina de irrigação e a influência do mesmo sobre as características do substrato, verificando a produção e qualidade das mudas. Para atender o objetivo proposto, o experimento foi montado em parcelas subdivididas com 5 níveis de aplicação de hidrogel (2; 4; 8 e 16 g dm⁻³) e 2 níveis de lâminas de irrigação na fase de rustificação (15 e 10 mm). Após 50 dias em casa de sombra, as mudas foram transferidas para área de rustificação, quando foram submetidas aos 2 diferentes níveis de irrigação. As mudas permaneceram por 60 dias em área de rustificação, quando então foram submetidas à avaliação dos parâmetros morfológicos. O gel condicionou a retenção de água desenvolvimentos nas mudas, aumentando assim a qualidade das mesmas. Como a interação gel e irrigação não foi significativa, a lâmina de irrigação de 10 mm na fase de rustificação é considerada a mais eficiente para produção de mudas de eucalipto.

Palavras chave: Polímero hidroretentor; Rustificação; Sementes; Lâmina de irrigação.

QUALITY OF EUCALYPTUS CHANGE SUBMITTED TO DIFFERENT IRRIGATION BLADES AND HYDROGEL DOSES

Abstract: *Eucalyptus* is the most planted forest genus in Brazil, occupying an area of over 5.6 million hectares of planted trees in the country. The main purpose of irrigation in forest nurseries is to find the seedling water demand. However, there is a need for constant search for techniques and technologies given the growing economic importance of this forest culture. Thus, this work aimed to evaluate the use of different doses of hydrogel in the process of production of *Eucalyptus urophylla* seedlings, submitted to different levels of irrigation depth and its influence on the substrate characteristics, verifying the production and quality of the plants. seedlings. To achieve the proposed objective, the experiment was set up in split plots with 5 levels of hydrogel application (2; 4; 8 and 16 g dm⁻³) and 2 irrigation levels in the rustification phase (15 and 10 mm). After 50 days in a shade house, the seedlings will be transferred to the rustification area, when they will be submitted to 2 different levels of irrigation. The seedlings remained for 60 days in the rustification area, when they were submitted to the morphological parameters evaluation. The gel conditioned the water retention seedling developments, thus increasing the quality of the seedlings. As the interaction hydrogel and irrigation was not significant, the 10 mm irrigation level in the rustification phase is considered the most efficient for eucalyptus seedling production.

Keywords: Hydrochloride polymer; Rustification; Seeds; Irrigation levels.

1. INTRODUÇÃO

Em 2016, 5,7 milhões de hectares de terras brasileiras eram cobertos por florestas plantadas de eucalipto. Nos últimos cinco anos, as áreas cobertas por esse tipo de vegetação tiveram um crescimento de 2,4% a.a. (IBÁ, 2017). De toda a área de floresta plantada do Brasil no ano de 2016, cerca de 34% eram pertencentes às empresas de celulose e papel; seguidos pelos pequeno e médios proprietários (29%); na terceira posição, encontravam-se as siderúrgicas e empresas de carvão vegetal, com 14%; em seguida os investidores financeiros, representando 10%; e por último os segmentos de painéis de madeira, produtos sólidos e outros, sendo respectivamente 6%, 4% e 3% do total (IBÁ, 2017).

Além das características intrínsecas do gênero, o sucesso no estabelecimento dos plantios de eucalipto está condicionado à produção de mudas com qualidade, capazes de resistir as condições adversas do campo. De todos os recursos que a planta necessita para crescer e desenvolver, a água é o mais limitante para a produtividade. O déficit hídrico pode resultar em baixo crescimento, desencadeando uma série de efeitos em toda a planta, afetando principalmente o crescimento celular e até morte do vegetal (TAIZ et al., 2013).

A produção de mudas de espécies florestais necessita de irrigação adequada aliada a um substrato com boa aeração e retenção de água, visto que essas são condições essenciais para a qualidade e desenvolvimento das mesmas em campo. O excesso de irrigação nas lâminas pode favorecer a lixiviação, ocasionando perdas de nutrientes, deterioração de raízes, podendo contribuir ainda para aparecimento de doenças (PAIVA et al., 2001).

Várias são as técnicas utilizadas para irrigação em viveiro de mudas de espécies florestais, sendo a aspersão a mais utilizada e a que gera mais desperdícios, devido a fatores como espaços vazios, vento, evaporação e má distribuição dos aspersores (AUGUSTO et al., 2007). A irrigação em muitos viveiros no Brasil ainda é conduzida sem fundamentos científicos quanto à melhor maneira de se fazê-la, ao uso de métodos para diminuir o consumo de água e ao tipo de substrato adequado para determinada espécie, acarretando em aumento no índice de mortalidade e má formação de mudas, gerando altas nos custos de produção e plantio (FREITAG, 2007).

Nessa perspectiva, a utilização de polímeros hidro-retentores como aditivo no substrato para otimizar a disponibilidade de água apresenta-se como uma alternativa viável ao consumo excessivo de água em viveiros florestais, buscando minimizar as perdas por lixiviação e percolação de nutrientes e, assim, diminuir a lâmina de irrigação em todo o processo de produção.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a utilização de diferentes doses de hidrogel no processo de produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, submetidas à diferentes níveis de lâmina de irrigação e a influência do mesmo sobre as características do substrato, verificando a produção e qualidade das mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Viveiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais no município de Salinas, localizado no Norte de Minas Gerais. O clima predominante na região é semiárido, com precipitação anual média de 855 mm e altitude de 471 m (MENDES, 2010).

Para atender o objetivo proposto, o experimento foi montado em parcelas subdivididas com cinco níveis de aplicação de hidrogel e dois níveis de lâminas de irrigação na fase de rustificação, com cinco repetições constituídas por 9 plantas por repetição. Para a comparação de médias foi aplicado, pelo software *Sisvar 5.7*, o teste estatístico de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Inicialmente os substratos foram submetidos a diferentes níveis de aplicação do hidrogel, sendo um teste testemunha sem aplicação do polímero e quatro dosagens crescentes em progressão geométrica: G1 = 0 g dm⁻³; G2 = 2 g dm⁻³; G3 = 4 g dm⁻³; G4 = 8 g dm⁻³; e G5 = 16 g

dm⁻³. As dosagens mencionadas do produto foram selecionadas em função dos resultados obtidos por Nicoletti et al. (2014).

Os recipientes usados foram tubetes de polipropileno com capacidade volumétrica de 55 cm³. O substrato utilizado foi o comercialmente empregado para a produção de mudas de espécies florestais, o qual tem a casca de pinus bioestabilizada como base do composto, cinza, fosfato natural, serragem e adubo químico NPK. Foi realizada uma adubação de base conforme recomendação proposta por Valeri et al. (2000), para a produção de mudas de eucalipto em tubetes. As diferentes dosagens do hidrogel, nos respectivos tratamentos, foram aplicadas no momento da mistura do substrato com a adubação de base.

Os tubetes, previamente preenchidos com os tratamentos mencionados, foram acondicionados em bandejas com suporte para chão com 187 células, e encaminhados para a casa de sombra onde permaneceram por um período de 60 dias. As mudas foram produzidas a partir de sementes *Eucalyptus urophylla*, cobrindo-as com uma fina camada de substrato para que as sementes não dispersar-se com a irrigação. Quando houve a germinação de mais de uma semente por tubete, a planta mais vigorosa foi mantida. Passados os sessenta dias em casa de sombra, as mudas então seguiram para área de rustificação, quando foram submetidas aos diferentes níveis de irrigação por mais 60 dias.

Na área de rustificação, as mudas foram submetidas a duas diferentes lâminas de irrigação: 10 e 15 milímetros por dia, aplicados duas vezes, às 7h e às 15h. A definição da lâmina de irrigação foi baseada nos resultados obtidos para produção de mudas de eucalipto por Silva et al. (2015).

A coleta de dados ocorreu 120 dias após a semeadura, onde as mudas foram submetidas à avaliação dos parâmetros morfológicos: diâmetro do coleto; altura da parte aérea e massa seca radicular, massa seca aérea, massa seca total e índice de qualidade de Dickson. Para avaliação desses parâmetros as mudas foram retiradas dos tubetes, em seguida foi realizada a separação da parte aérea e parte radicular das mudas para avaliar individualmente as variáveis desejadas. Após essa separação, foram medidas as alturas da parte aérea e diâmetro do coleto. Depois, as partes das mudas foram secas em estufa e posteriormente medidas os pesos da massa seca da parte aérea, da raiz e total.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Interações do hidrogel com a Irrigação

Os resultados da Figura 1 evidenciam que nas duas lâminas de irrigações os parâmetros morfológicos são próximos. Isso significa que as lâminas de irrigação não interferiram na qualidade morfológica das mudas, viabilizando assim a produção das mudas com uma menor irrigação, porque assim estaria economizando água em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*.

Figura 1. Representação gráfica dos valores obtidos para alturas, diâmetro do coleto, massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST) das mudas, submetidas aos seguintes níveis de irrigação: L1 = 15 mm; L2 = 10 mm

A falta de resultados significativos na interação entre as lâminas e a dosagem de hidrogel pode ter ocorrido pela frequência de irrigação que foi duas vezes diária, não permitindo que o hidrogel atingisse seu potencial máximo em semelhança com aqueles sem a presença do hidrogel, fazendo com que o mesmo não tivesse resultados satisfatórios. Condição essa comprovada por Navroski et al. (2014), em que as irrigações com maior frequência, no caso do experimento conduzido pelos autores, de três em três dias, não apresentaram ganhos potenciais nos tratamentos utilizando o polímero.

Cabe destacar o aspecto gelatinoso sobre os tubetes quando se faz uso de dosagens muito altas podendo prejudicar o desenvolvimento das mudas. As menores dosagens do hidrogel apresentam alguns aglomerados gelatinosos sobre o tubete, mas sem qualquer extrapolação do recipiente.

As maiores dosagens apresentaram mais aglomerados com esse aspecto. O excesso de hidrogel hidratado juntamente com substrato dos tubetes pode provocar o excesso de umidade sobre o tubete, o que pode ocasionar o aparecimento de musgos ou doenças nas mudas e atrapalhar o desenvolvimento da planta.

Navroski et al. (2015), verificaram a redução da irrigação com a incorporação do hidrogel ao substrato (3 g L^{-1}) na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. No entanto, os autores alertam que o uso de lâminas de irrigação mais elevadas pode dispensar o uso do hidrogel, pois neste caso, sua presença pode influenciar negativamente a qualidade das mudas, devido à quantidade excessiva de água no substrato. Semelhante ao trabalho realizado por Navroski et al. (2014), testando a influência do hidrogel e diferentes frequências de irrigação, constataram que a presença do hidrogel foi positiva em altura, quando avaliada em um intervalo maior entre as irrigações.

3.2. Altura e diâmetro

Com os resultados obtidos da análise estatística, verificou-se que a variável altura apresentou diferenças significativas entre os tratamentos com as dosagens de hidrogel (Figura 2-A).

Navroski et al. (2015), afirmam que o incremento em altura e diâmetro das mudas é obtido com a utilização do hidrogel e de lâminas de irrigação adequadas. Neste trabalho, a utilização das grandes dosagens de hidrogel que visualmente aparentava ter maior viscosidade ao ser comparado com a água pura, pode ter prejudicado a aeração do substrato pelo hidrogel, ocultando e até mesmo prejudicando seu efeito nas plantas.

Figura 2. 2A: Representação gráfica dos valores obtidos para alturas das mudas

Nota: submetidas aos seguintes níveis de aplicação de hidrogel: G1 = 0 g dm⁻³; G2 = 2 g dm⁻³; G3 = 4 g dm⁻³; G4 = 8 g dm⁻³; e G5 = 16 g dm⁻³; 2B: Representação gráfica dos valores obtidos para diâmetros das mudas, submetidas aos seguintes níveis de aplicação de hidrogel: G1 = 0 g dm⁻³; G2 = 2 g dm⁻³; G3 = 4 g dm⁻³; G4 = 8 g dm⁻³; e G5 = 16 g dm⁻³.

Maiores alturas não significam melhor qualidade, pois mudas muito altas podem comprometer o reflorestamento, podendo haver tombamento com mais facilidade, apresentar menor taxa de crescimento e menor índice de sobrevivência no campo (ARAÚJO, 2009). A variável altura apresentou resultados diretamente proporcionais com o diâmetro, mostrando que, em geral, as mudas de maior altura apresentaram maior diâmetro.

Em estudo realizado por Sousa et al. (2013), foi verificado que o emprego de 6 g L⁻¹ de hidrogel no substrato proporcionou resultados satisfatórios para a razão altura/diâmetro do coleto em mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.), mostrando que, assim como neste trabalho, o uso do hidrogel têm-se mostrado eficiente na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*.

Todas as dosagens de hidrogel foram possíveis obter mudas com altura e diâmetro de coleto adequados para o plantio, de acordo com o tamanho desejado por empresas e recomendado por Fonseca (1988), onde relata que as características nas quais se baseiam as empresas florestais são: a altura, que de acordo com o sítio e o sistema de plantio estão entre 15 e 30 cm; o diâmetro do coleto com aproximadamente 2 mm, o sistema radicular bem desenvolvido sem enovelamento, com raízes bem distribuídas e com boa agregação ao substrato.

Sousa et al. (2013), testando a aplicação do hidrogel incorporados ao substrato na produção de mudas de *Anadenanthera peregrina*, encontraram maior diâmetro das mudas utilizando a dosagem de 4,0 g L⁻¹. Bernardi et al. (2012), verificaram ao avaliar o crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso do hidrogel um maior incremento em altura (22,99%) e diâmetro (23,12%) produzidas com 6 g L⁻¹, quando comparadas com mudas produzidas sem a adição do hidrogel, na mesma adubação.

3.3. Massa seca parte aérea, massa seca radicular, massa seca total

As maiores produções de massa seca da parte aérea foram obtidas no gel 2 (2 g dm^{-3}) e no gel 3 (4 g dm^{-3}), sendo que o uso superior a essa dose ocasiona menor produção de massa seca e também aumento do custo com o hidrogel. O tratamento testemunha, sem a utilização de hidrogel, e o tratamento G4 (8 g dm^{-3}) não apresentaram ganhos de massa seca da parte aérea satisfatórios. Até a segunda dose (4 g L^{-1}), há um ganho de massa seca em comparação com a ausência de hidrogel. Em relação à massa seca total, os tratamentos G2 e G3, apresentaram os maiores valores (FIGURA 3).

Figura 3. Representação gráfica dos valores obtidos da massa seca parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST) das mudas

Nota: submetidas aos seguintes níveis de aplicação de hidrogel: G1 = 0 g dm^{-3} ; G2 = 2 g dm^{-3} ; G3 = 4 g dm^{-3} ; G4 = 8 g dm^{-3} ; e G5 = 16 g dm^{-3} .

Os parâmetros massa seca da parte aérea, massa seca radicular e massa seca total não apresentaram interação entre os fatores estudados. Este resultado pode ser explicado devido as dosagens de hidrogel foram muito grandes, fazendo com que não influenciassem significativamente ou até mesmo influenciaram negativamente nos parâmetros avaliados.

A massa seca da raiz obteve resultados, estatisticamente, iguais em todas as dosagens de hidrogel. A massa seca de raízes apresenta boa resposta quanto ao uso do hidrogel em dosagens adequadas. Essa variável apresenta expressiva importância no desenvolvimento das plantas, melhorando o enraizamento, apresentando, assim, maior potencial de sobrevivência e crescimento em campo (ELOY et al., 2013).

Sousa et al. (2013), apesar de não terem verificado diferenças em relação aos parâmetros relacionados a parte aérea de muda de *Anadenanthera peregrina* produzidas com diferentes doses do hidrogel (0 a 8 g L^{-1}), constataram que doses acima de 4 g L^{-1} influenciaram negativamente a

massa seca das raízes e massa seca total, afetando a formação do sistema radicular e, consequentemente a qualidade das mudas.

3.3. Índice de qualidade de Dickson

Os resultados da Figura 4 mostram que o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi maior na menor dose de hidrogel utilizada, apresentando um ponto máximo na mesma, e diminuindo a partir desse nível.

Figura 4. Comparação dos valores de IQD (Índice de qualidade de Dickson), das mudas

Nota: submetidas aos seguintes níveis de aplicação de hidrogel: G1 = 0 g dm⁻³; G2 = 2 g dm⁻³; G3 = 4 g dm⁻³; G4 = 8 g dm⁻³; e G5 = 16 g dm⁻³.

Os dados mostraram que as aplicações de diferentes dosagens de hidrogel proporcionaram respostas, estatisticamente, iguais das mudas produzidas em condições de viveiro para todas as variáveis testadas, sendo elas altura, diâmetro do coleto, massa seca da parte aérea, massa seca radicular, massa seca total e índice de qualidade de Dickson.

4. CONCLUSÃO

É viável a utilização de uma menor lâmina de irrigação (10 mm) para produção de mudas eucalipto.

Houve influência do hidrogel na altura das mudas, onde a maior dosagem, juntamente com o tratamento G2 obtiveram as maiores alturas.

Na combinação das variáveis, perante o índice de qualidade de Dickson, todas as doses de hidrogel apresentaram valores, estatisticamente iguais, evidenciando a importância da aplicação desse polímero.

5. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são direcionados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) que atuaram como instituições de apoio às pesquisas realizadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, D. D. **Crescimento de mudas de Jatobá (*Hymenaea courbaril*) sob quatro níveis de sombreamento**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, 2009. 65f.
- AUGUSTO, D. C. C. et al. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 745-751, 2007.
- BERNARDI, M. R. et al. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.
- ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373 - 384, 2013.
- FONSECA, E. P. **Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em “Win-Strip”**. Viçosa, UFV, 1988. 81p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) -Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- FREITAG, A. S. **Frequência de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus eliottii* em viveiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade De Santa Maria, Centro De Ciências Rurais, Santa Maria, RS, p. 24-27, 2007.
- Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**. Brasília: IBÁ; 2017.
- MENDES, A. F. **Contextualização e interdisciplinaridade na utilização da matemática no estudo de fenômenos climáticos e meteorológicos**. 2010. 61p. Dissertação (mestrado em ciências) UFRRJ, Seropédica, 2010.
- NAVROSKI, M. C. et al. Influência do polímero hidroretentor na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus dunnii* sob diferentes manejos hídricos. **Nativa**, Sinop, v. 2, n. 2, p. 10-113, 2014.
- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, S. F.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467-476, 2015.
- NICOLETTI, M. F.; NAVROSKI, M. C.; ANDRIOLLO, K.; PEREIRA, M. O.; FRIGOTTO, T. Efeito do hidrogel no enraizamento e crescimento inicial de miniestaca do híbrido *Eucalyptus urograndis*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 353-361, 2014.
- SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Efeitos do manejo da água no crescimento, eficiência de irrigação e desenvolvimento inicial de *Aspidosperma polyneuron* seedlings. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 3562-3569, 2015.
- SOUSA, G. T. O. et al. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1270-1278, 2013

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. **Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucaliptus e Pinus**. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, p.168 – 190, 2000.

Capítulo 28

MUDAS DE EUCALIPTO CULTIVADAS SOB DIFERENTES NÍVEIS DE HIDROGEL E LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Matheus dos Santos Ornelas¹, Antonio Henrique Cordeiro Ramalho²,
Palo André Trazzi², Emilyly Soares Gomes da Silva², Eduardo Cordeiro Ramalho¹,
Murilo Henrique Rufino¹

¹ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: henriquecr2012@hotmail.com

Resumo: A principal finalidade da irrigação em viveiros florestais é atender à demanda hídrica das mudas. No entanto, excesso de água durante a irrigação pode levar à lixiviação dos nutrientes provocando redução do crescimento, e aumento do custo de produção. Este trabalho objetivou avaliar a utilização de hidrogel no processo de produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, submetidas a diferentes níveis de lâmina de irrigação. Para atender o objetivo proposto, o experimento foi montado em parcelas subdivididas com 5 níveis de aplicação de hidrogel (0; 2; 4; 8 e 16 g dm⁻³) e 2 níveis de lâminas de irrigação na fase de rustificação (10, 15 mm). Após 50 dias em casa de sombra, as mudas foram transferidas para área de rustificação, onde foram submetidas aos 2 diferentes níveis de irrigação. As mudas permaneceram por 60 dias em área de rustificação, quando então foram submetidas à avaliação dos parâmetros morfológicos. Os resultados mostraram que as mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substratos com hidrogel apresentaram maiores médias de altura, diâmetro e massa seca radicular, aérea e total; enquanto que àquelas produzidas sob em lâmina de irrigação padrão (15 mm dia⁻¹) apresentaram maiores médias de massa seca radicular, aérea e total em comparação às produzidas em lâmina reduzida (10 mm dia⁻¹).

Palavras chave: *Eucalyptus urophylla*; Rustificação; Sementes; Índice de qualidade de Dickson.

USE OF HYDROGEL IN EUCALYPTUS SEEDLINGS PRODUCTION SUBMITTED TO DIFFERENT IRRIGATION LEVELS

Abstract: The main purpose of irrigation in forest nurseries is to meet the seedling water demand. However, excess water during irrigation can lead to nutrient leaching leading to reduced growth and increased production costs. This work aimed to evaluate the use of hydrogel in the production process of *Eucalyptus urophylla* seedlings, submitted to different irrigation levels. To meet the proposed objective, the experiment was set up in subdivided plots with 5 levels of hydrogel application (0; 2; 4; 8 and 16 g dm⁻³) and 2 irrigation levels in the rustification phase (10, 15 mm). After 50 days in a shade house, the seedlings were transferred to the rustification area, where they were submitted to 2 different irrigation levels. The seedlings remained for 60 days in the roughing area, when they were then submitted to the morphological parameters evaluation. The results showed that *Eucalyptus urophylla* seedlings produced on hydrogel substrates presented higher height, diameter and root, shoot and total dry masses; while those produced under standard irrigation level (15 mm day⁻¹) presented higher root, aerial and total dry masses when compared to those produced under reduced irrigation level (10 mm day⁻¹).

Keywords: *Eucalyptus urophylla*; Rustification; Seedlings; Dickson Quality Index.

1. INTRODUÇÃO

O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais plantada no Brasil, ocupando uma área superior a 5,6 milhões de hectares de árvores plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). A madeira produzida é destinada para celulose/papel, geração de energia, biorredutor na siderurgia, manufatura de painéis, postes, dormentes, estacas, escoras, sólidos madeiráveis, laminados. Na região Sudeste concentra-se cerca de 46,5% de todo eucalipto plantado no Brasil, principalmente devido a contribuição de alguns fatores: raros eventos de temperaturas negativas, solos aptos, distribuição relativamente equilibrada das chuvas e proximidade com os portos (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2004; IBA, 2017).

Mesmo apresentando características intrínsecas do gênero, o sucesso no estabelecimento dos plantios de eucalipto está condicionado à produção de mudas com qualidade, capazes de resistir as condições adversas do campo. Para garantir a produção de mudas com qualidade, deve ser levada em consideração, a irrigação, que deve ser abundante e de qualidade (CALDEIRA et al., 2015).

De todos os recursos que a planta necessita para crescer e desenvolver, a água é o mais limitante para a produtividade (TAIZ e ZEIGER, 2004). O déficit hídrico pode resultar em baixo crescimento, desencadeando uma série de efeitos em toda a planta, afetando principalmente o crescimento celular e até morte da planta (MONTAGUE e KJELGREN, 2006; TAIZ e ZEIGER, 2004). O estresse hídrico mais severo conduz à inibição da divisão celular e da síntese de proteínas, ao acúmulo de solutos, ao fechamento estomático e à inibição da fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Por outro lado, o excesso de água durante a irrigação pode levar à lixiviação dos nutrientes provocando baixo crescimento da planta e aumento nos custos, além de danos ambientais (MONTAGUE e KJELGREN, 2006). O maior crescimento das plantas não está associado às elevadas taxas de irrigação, levantando a hipótese de que a quantidade de água para irrigação poderia ser economizada durante o crescimento das mudas em viveiro (FOX e MONTAGUE, 2009).

Várias são as técnicas utilizadas para irrigação em viveiro de mudas de espécies florestais, sendo a aspersão é a mais utilizada e no entato apresenta baixa eficiência ao considerar a taxa de desperdício, devido espaços vazios, vento, evaporação e má distribuição dos aspersores (AUGUSTO et al., 2007). Portanto, existe a crescente necessidade de redefinir a quantidade da aplicação de água de irrigação em viveiros de mudas florestais, buscando uma maior eficiência na utilização de água sem prejudicar a qualidade morfofisiológica das mudas. Uma alternativa viável ao consumo excessivo de água em viveiros florestais pode ser através da utilização de polímeros hidro-retentores como aditivo no substrato para aperfeiçoar a disponibilidade de água, minimizar a perdas por lixiviações e percolação de nutrientes, diminuindo assim a lâmina de irrigação em todo o processo de produção.

Assim sendo, o presente estudo objetivou avaliar a utilização de hidrogel no substrato no processo de produção de mudas de *Eucalyptus urophylla*, a partir de diferentes níveis de lâmina de irrigação na fase de rustificação de mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Viveiro do IFNMG – Campus Salinas, MG, no município de Salinas, localizado no Norte de Minas Gerais, um ponto de referência para a área apresenta as coordenadas geográficas: latitude 16° 10' 13" S, longitude 42° 17' 25" W e altitude de 471 metros. O clima predominante na região é semiárido, característico da região. A precipitação anual média é de 855 mm e se localiza a uma altitude de 471 m (MENDES, 2010).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado com parcelas subdivididas com 5 níveis de aplicação de hidrogel e 2 níveis de lâminas de irrigação na fase de rustificação, com cinco repetições constituídas por 9 plantas por repetição. Os níveis de aplicação de hidrogel consistiram em quatro dosagens crescentes em progressão geométrica: 0 (testemunha); 2; 4; 8 e 16 g dm⁻³. As dosagens mencionadas do produto foram selecionadas em função dos resultados obtidos em experimento semelhante realizado por Nicoletti et al. (2014), que obtiveram os melhores resultados na dosagem mais alta de hidrogel (4 g dm⁻³) avaliada em mudas produzidas por miniestaquia do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*.

Os recipientes usados para a produção de mudas foram tubetes de polipropileno com capacidade volumétrica de 55 cm³. O substrato utilizado foi o comercialmente empregado para a produção de mudas de espécies florestais, que tem a casca de pinus bioestabilizada como base do composto, juntamente com vermiculita expandida.

Foi realizada uma adubação de base conforme recomendação proposta por Valeri e Corradini (2000), que recomendam utilizar 150 g de N, 300 g de P₂O₅ e 100 g de K₂O por metro cúbico de substrato, e adubações de cobertura semanais com 1000 g de sulfato de amônio e 300 g de cloreto de potássio diluídos em 100 litros d'água (aplicável para 10 mil tubetes). O hidrogel, dos respectivos tratamentos, foi aplicado no momento da mistura do substrato com a adubação de base.

Os tubetes, previamente preenchidos com os tratamentos mencionados, foram acondicionados em bandejas com suporte para chão com 187 células, e encaminhados para a casa de sombra. As mudas foram produzidas a partir de sementes *Eucalyptus urophylla*, colocando-se de 2 a 3 sementes por tubete, cobrindo-as com uma fina camada de vermiculita. Caso houvesse a germinação de mais de uma semente por tubete, a planta mais vigorosa foi mantida.

Passados os 60 dias em casa de sombra, as mudas então foram encaminhadas para área de rustificação, quando foram submetidas aos diferentes níveis de irrigação que compõem um dos níveis de avaliação deste trabalho. Na área de rustificação, as mudas foram submetidas a duas diferentes lâminas de irrigação: 10 mm, 15 mm por dia conforme recomendado por SILVA et al., 2015 para a mesma espécie, aplicadas duas vezes, às 8h e às 15h, utilizando microaspersão, por meio de sistema de irrigação automatizado, sendo o volume de água controlado pelo tempo de deslocamento da barra na bandeja e sua respectiva vazão.

As mudas permaneceram por 60 dias em área de rustificação, quando então foram submetidas à avaliação dos parâmetros morfológicos: diâmetro do coleto; altura da parte aérea; massa seca radicular (MSR), da parte aérea (MSPA) e total (MST); e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Para avaliação destes parâmetros as mudas foram tiradas dos tubetes com o máximo de cuidado para não ter perdas de raízes secundária e causar danos nas mudas, a seguir a parte aérea foi separada das raízes para serem avaliadas separadamente de forma individual todas as variáveis em cada tratamento. Após ser separada a parte aérea foi medida a altura e diâmetro do colo. Após a realização destas medidas, foram separadas em sacos e colocadas na estufa, para prosseguir com o experimento, logo foram medidos o peso seco de todas as partes da muda.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou não existir interação entre os fatores “hidrogel” e “lâmina de irrigação”. A aplicação de hidrogel apresentou efeito significativo sobre as mudas, mostrando diferenças para as variáveis altura, diâmetro, MSPA, MSR, MST das mudas, mas não para o IQD. Foram encontradas efeito significativo para MSPA, MSR e MST entre as duas lâminas de irrigação avaliadas. Entretanto, a altura, o diâmetro e o IQD das mudas não foram afetadas pelo uso de diferentes lâminas de irrigação.

A altura e o diâmetro, de uma forma geral, foram maiores em mudas produzidas em substratos com maiores quantidades de hidrogel. Para altura, as maiores médias foram obtidas nos tratamentos T4 e T5, e para o diâmetro, nos tratamentos T3, T4 e T5. As mudas do tratamento

testemunha (T1) apresentaram as menores médias tanto para altura quanto para o diâmetro (Figura 1A e 1B).

Figura 1. A: Altura de mudas *Eucalyptus urophylla*; B: Diâmetro do coleto de mudas *Eucalyptus urophylla*

Nota: Em A, foram submetidas aos níveis de aplicação de hidrogel: T1 = 0 g dm⁻³; T2 = 2 g dm⁻³; T3 = 4 g dm⁻³; T4 = 8 g dm⁻³; e T5 = 16 g dm⁻³. Em B, foram submetidas aos níveis de aplicação de hidrogel: T1 = 0 g dm⁻³; T2 = 2 g dm⁻³; T3 = 4 g dm⁻³; T4 = 8 g dm⁻³; e T5 = 16 g dm⁻³.

Assim como ocorrido para altura e diâmetro, as mudas produzidas em maiores quantidades de hidrogel no substrato, apresentaram as maiores médias para as massas secas (Figura 2). As maiores médias de MSPA e MST foram obtidas em mudas produzidas em substratos com as

maiores quantidades de hidrogel. A maior média de MSR foi vista no tratamento T3, entretanto, não significativamente diferente dos tratamentos em que se utilizou hidrogel no substrato (T2, T4 e T5).

Figura 2. Comparação dos valores de MSPA (matéria seca parte aérea), MSR (matéria seca radicular), MST (matéria seca total)

Nota: submetidas aos seguintes níveis de aplicação de hidrogel: T1 = 0 g dm⁻³; T2 = 2 g dm⁻³; T3 = 4 g dm⁻³; T4 = 8 g dm⁻³; e T5 = 16 g dm⁻³.

Os valores de IQD obtidos nas mudas variaram entre 0,09 a 0,11 em função do uso de hidrogel nos substratos. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos.

De uma forma geral, os resultados indicam que o uso de hidrogel promoveu incremento em altura, diâmetro e biomassa nas mudas de eucalipto. Resultados semelhantes foram encontrados por Nicoletti et al. (2014), que avaliaram efeito do hidrogel no crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. Os autores encontraram que as mudas produzidas com a maior quantidade de hidrogel avaliada (4 g dm⁻³) apresentaram as maiores médias de MSR e MSPA. Vale destacar que as plantas com maior desenvolvimento radicular tendem a sobreviver melhor do que aquelas que apresentam desenvolvimento radicular inferior (HAASE 2008).

Navroski et al. (2015) ao submeterem mudas de *Eucalyptus dunni* a diferentes doses de gel, observaram ganho significativo das características morfológicas, sendo a melhor dose a de 3 g dm⁻³ de hidrogel comparada ao tratamento testemunha (0 g dm⁻³) e a maior dose (6 g dm⁻³). Segundo Rezende (2001), o hidrogel apresenta mais de 60 % dos seus grânulos com diâmetro menores que 1 mm e que a granulométrica influencia diretamente na retenção de água feita pelo gel. Conforme Prevedello et al. (2007), o hidrogel tem capacidade de absorver até 400 vezes o valor da massa seca, antes do contato com a água, potencializa a capacidade de reter e distribuir a água no sistema radicular, portanto, uma alternativa para regiões com baixa pluviosidade.

Figura 3. A: Comparação dos valores da altura média das mudas; B: Comparação dos valores do diâmetro do coleto das mudas

Nota: Em A, foram submetidas às seguintes lâminas de irrigação: L1 = 15 mm; L2 = 10 mm.; Em B, foram submetidas às seguintes lâminas de irrigação: L1 = 15 mm; L2 = 10 mm.

Em se tratando das lâminas de irrigação avaliadas, não houve diferenças significativas entre para as variáveis altura e diâmetro (Figura 3A e 3B). De forma semelhante, não houve diferenças significativas entre o IQD para as mudas produzidas nas duas diferentes lâminas de irrigação. Dessa forma, quando se objetiva mudas com maiores alturas ou diâmetro, é sugerido optar pela lâmina de irrigação de 10 mm, para economia de água.

As médias de massas secas foram significativamente afetadas pelas diferentes lâminas de irrigação avaliadas. As mudas produzidas na maior quantidade de água utilizada para irrigação (15 mm) apresentaram as maiores médias de MSPA, MSR e MST (Figura 4).

Figura 4. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR) e massa seca total (MST) em mudas *Eucalyptus urophylla*

Nota: submetidas às lâminas de irrigação: L1 = 15 mm; L2 = 10 mm.

Ao analisar se o hidrogel permite redução do consumo de água de irrigação e a influência sobre o crescimento e a qualidade de mudas de *Eucalyptus dunnii*, Navroski et al. (2015) testaram três doses de hidrogel adicionado ao substrato (0, 3, 6 g dm⁻³) e cinco lâminas de irrigação (4, 8, 12, 16 e 20 mm dia⁻¹). Os autores concluíram que o maior crescimento das mudas foi obtido com 3 g dm⁻³ de hidrogel e redução da irrigação (12 mm dia⁻¹), sendo assim, com a utilização do hidrogel há possibilidade de reduzir as lâminas de irrigação, e consequentemente do uso da água, aumentando a qualidade das mudas.

4. CONCLUSÃO

Mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em substratos com hidrogel apresentaram maiores médias de altura, diâmetro e massa seca radicular, aérea e total.

Mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas sob em lâmina de irrigação padrão (15 mm dia⁻¹) apresentaram maiores médias de massa seca radicular, aérea e total que àquelas produzidas em lâmina reduzida (10 mm dia⁻¹).

5. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são direcionados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo (FAPES) que atuaram como instituições de apoio às pesquisas realizadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

- AUGUSTO, D. C. C.; et al. Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.31, n.4, p.745-751, 2007.
- AZEVEDO, H. J.; et al. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação por alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.53-62, 1999.
- CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O.; WENDLING, I.; MARTINS, R. C. C. Produção de mudas. In: SCHUMACHER, M. V.; VIERA, M. (Ed.). **Silvicultura do eucalipto no Brasil**. Santa Maria, RS: UFSM, 2015. p. 49-82.
- HAASE, D. Compreender a qualidade das mudas da floresta: medidas e interpretação. Notas do plantador de árvores. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. **Serviço Florestal, Washington**, v. 52, n. 2, p. 24 - 30, 2008.
- IBA. Indústria brasileira de árvores. **Relatório 2017**. 2017.
- MARCOS FILHO, J. 2005. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 1. ed. Piracicaba-SP: Fundação de Estudos Agrários, v.1, 425p.
- MENDES, A.F. **Contextualização e interdisciplinaridade na utilização da matemática no estudo de fenômenos climáticos e meteorológicos**. 2010. 61p. Dissertação (mestrado em ciências) UFRRJ, Seropédica, 2010.
- MONTAGUE, T.; KJELGREN, R. Uso de sondas de dissipação térmica para estimar a perda de água de árvores de paisagem em contêineres. **Journal Of Environmental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 95-104, 2006.
- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; FIOR, C. S.; CUNHA, S. F.; BERGHETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 467 - 476, 2015.
- NICOLETTI, M. F.; NAVROSKI, M. C.; ANDRIOLLO, K.; PEREIRA, M. O.; FRIGOTTO, T. Efeito do hidrogel no enraizamento e crescimento inicial de miniestaca do híbrido *Eucalyptus urograndis*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 7, n. 4, p. 353 - 361, 2014
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T dos. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, 2013 (Embrapa Florestas, Comunicado Técnico 316).
- PREVEDELLO, C. L.; LOYOLA, J. M. T. Efeito de polímeros hidroretentores na infiltração da água no solo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 313 - 317, 2007.
- REZENDE, L.S. **Efeito da incorporação de polímeros hidroabsorventes na retenção de água de dois solos**. Viçosa: UFV, 2001. 74p. Dissertação Mestrado.
- SILVA, R. B. G.; SILVA, M. R. Efeitos do manejo da água no crescimento, eficiência de irrigação e desenvolvimento inicial de aspidosperma polyneuronseedlings. **African Journal of Agricultural Research** v. 10, p. 3562-3569, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954p.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. **Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucaliptus e Pinus**. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds). Nutrição e fertilização florestal. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.

Capítulo 29

APORTE DE SERAPILHEIRA E NUTRIENTES EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

*Lucas Dambróz Beccalli¹, Eduardo Ribeiro Bassini¹,
Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Kallil Chaves Castro², Paulo André Trazzi¹*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Núcleo de Pesquisa em Meio Ambiente, Silvicultura e Ecologia (Nupemase), Brasil

² Agrofior Engenharia e Assessoria em Gestão Empresarial Ltda., Brasil

Autor correspondente: lucasdambroz@hotmail.com

Resumo: A produção de serapilheira é de grande importância em ecossistemas florestais, já que esta é a principal fonte de nutrientes em ambientes com baixas reservas minerais. Objetivou-se quantificar o aporte e macronutrientes de serapilheira em dois períodos estacionais (período de menor precipitação em setembro/2017 e período de maior precipitação em abril/2018) em função do gradiente altitudinal em Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Caparaó, ES. Para a amostragem do aporte foram distribuídos sistematicamente em cada parcela (alocadas sete parcelas de 20 x 50 m), oito coletores de serapilheira com dimensões de 0,75 x 0,75 m em estrutura de PVC, com malha de nylon de 2 mm. Após a secagem prévia, a serapilheira aportada foi separada em duas frações: F1 – Folhas e F2 – Miscelânea (galhos, casca, material reprodutivo e resto). Após a separação, as amostras foram secas em estufa, aferida em balança de precisão (0,001g), e seu peso estimado em kg ha⁻¹. Houve maior produção de serapilheira no período de menor precipitação. O conteúdo de macronutrientes ocorreu na seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > S > P para a serapilheira aportada nos dois períodos de coleta. A variação do aporte de serapilheira pode estar relacionada com a diferença de temperatura e precipitação em cada período da coleta, porém apenas a precipitação não determinou a biomassa da serapilheira aportada. Assim, deve-se levar em consideração outros elementos climáticos como temperatura, intensidade de iluminação solar e declividade.

Palavras chave: Ecossistemas Florestais; Gradiente Altitudinal; Macronutrientes.

SENESCENT LITTER AND NUTRIENT CONTENT IN DENSE OMBROPHILOUS FOREST

Abstract: Litter production is of great importance in forest ecosystems as it is the main source of nutrients in environments with low mineral reserves. The objective of this study was to quantify the contribution of litter and macronutrients in two seasonal periods (period of lowest precipitation in Sep/2017 and period of highest precipitation in Apr/2018) as a function of the altitudinal gradient in Dense Ombrophilous Forest, Caparaó National Park, ES. Sampling process was systematically distributed in each plot (allocated seven plots of 20 x 50 m), eight litter collectors with dimensions of 0.75 x 0.75 m², in PVC structure, with 2 mm nylon mesh. After the previous drying, the litter contributed was separated into two fractions: F1 - Leaves and F2 - Miscellaneous (branches, bark, reproductive material and rest). After separation, the samples were oven dried, measured on a precision scale (0.001g), and their estimated weight in kg ha⁻¹. There was higher litter production in the period of lower precipitation. There was higher litter production in the period of lower precipitation. The macronutrient content occurred in the following decreasing order: Ca > N > K > Mg > S > P for the litter fed in the two collection periods. The variation of senescent litter may be related to the difference in temperature and precipitation in each period of collection, but only precipitation did not determine the litter biomass contributed. Thus, other climatic elements such as temperature, sun light intensity and ground slope must be taken into account.

Keywords: Forest Ecosystems; Altitudinal Gradient; Macronutrients.

1. INTRODUÇÃO

A produtividade e a resiliência de ecossistemas, estão relacionadas principalmente à capacidade que o ambiente tem de reaproveitar os nutrientes. A movimentação dos nutrientes ocorre em três grandes ciclos, o geoquímico que envolve a ciclagem nos compartimentos inorgânicos, o bioquímico que está relacionado com a ciclagem interna dos vegetais, e o biogeoquímico onde ocorre a interação entre o sistema solo planta e atmosfera, estando relacionado à entrada, saída e manutenção dos elementos dentro de ecossistemas (SWITZER; NELSON, 1972).

A ciclagem de nutrientes via serapilheira exerce importante função na manutenção dos teores de nutrientes nos solos, uma vez que por meio desta ciclagem a diminuição no estoque de nutrientes no ecossistema é minimizada sem que a disponibilidade seja afetada drasticamente, sendo influenciada principalmente pelo clima, composição florística, estágio sucessional e a fertilidade dos solos (VITOUSEK; SANFORD, 1986; CASTRO, 2014).

Nesse contexto, objetivou-se estudar a ciclagem biogeoquímica por meio da serapilheira aportada em dois períodos climáticos distintos do ano, em diferentes gradientes altitudinais (cotas altimétricas) em uma Floresta Ombrófila Densa do Espírito Santo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó), na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, sendo sua área total de 32.000 ha (MAZINE; SOUZA, 2008). A área do presente estudo encontra-se no distrito de Santa Marta, distante 2 km do município de Ibitirama, sendo delimitada em uma microbacia localizada na porção sul do PARN Caparaó, inserida dentro do estado do Espírito Santo.

Para a amostragem de serapilheira aportada distribui-se sistematicamente em cada parcela (sete parcelas, Tabela 1), oito coletores de serapilheira com dimensões de 0,75 x 0,75 m, em estrutura de PVC, com malha de nylon de 2 mm. A coleta da serapilheira aportada foi realizada em dois períodos do ano, sendo uma no final do período de menor precipitação (setembro/2017) e outra no final do período de maior precipitação (abril/2018). Após a secagem prévia, a serapilheira aportada foi separada em duas frações: F1 – Folhas e F2 – Miscelânea (galhos, casca, material reprodutivo e resto).

Tabela 1. Distribuição altitudinal, declividade e face de exposição das cotas altimétricas no estudo de aporte de serapilheira na Floresta Ombrófila Densa no Parque Nacional do Caparaó, ES

Cotas altimétricas	Altitude (m)	Declividade média (%)	Declividade média (°)	Face de exposição	Distância entre as cotas altimétricas (m)	
					Cotas altimétricas	Distância
C1	1.112	69,55	34,82	Nordeste/Leste	1-2	683,13
C2	1.219	58,29	30,24	Leste/Sudeste	2-3	164,5
C3	1.302	75,00	36,87	Nordeste	3-4	528,57
C4	1.319	75,00	36,87	Leste	4-5	485,39
C5	1.391	48,24	25,75	Norte	5-6	226,66
C6	1.420	73,39	36,27	Sul/Sudeste	6-7	813,38
C7	1550	127,73	51,94	Nordeste	7-1	2.708

Fonte: Castro (2014).

Para a comparação dos valores médios do aporte de serapilheira entre as setes cotas altimétricas para os períodos de coletas foi utilizado o teste não paramétrico de comparações múltiplas de Kruskal Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para ambos períodos de coleta (setembro/17 e abril/18) o maior aporte de serapilheira fração folhas foi observado na cota C5, e para o aporte total nas cotas altimétricas C1 e C5, respectivamente (Tabela 2). As maiores médias foram observadas no período de setembro/2017. Do aporte total, 53,41% ocorreu no período de setembro/2017 (Tabela 2). No aporte de serapilheira de setembro/2017 e abril/2018 a fração folhas contribuiu com mais de 69,3% e 67,4%, respectivamente e a fração galhos/miscelânea representou aproximadamente 30,7% e 32,6%, respectivamente da serapilheira total depositada. Esta proporção está semelhante com a maioria dos estudos de produção de biomassa em Florestas Tropicais, que relatam maior porcentagem de folhas na serapilheira aportada, este trabalho corrobora com o estudo realizado em Florestas Tropicais Primárias por Hayashi (2006).

Tabela 2. Biomassa da serapilheira aportada, frações folhas, galhos/miscelânea (em kg ha⁻¹), no período de coleta em setembro/2017 e abril/2018, ao longo de um gradiente altitudinal, na Floresta Ombrófila Densa no Parque Nacional do Caparaó, ES

Setembro/2017				
Cotas	Altitude (m)	Folhas	Galhos/ miscelânea	Total**
C1	1.112	607,1 AB ¹ ± 148,4*	372,7 A ¹ ± 241,9	979,8 A ¹ ± 271,3
C2	1.219	410,6 ABC± 224,1	190,6 AB± 79,3	601,2 AB± 239,2
C3	1.302	382,7 ABC± 116,9	178,8 AB± 157,4	561,5 AB± 155,1
C4	1.319	396,1 BC± 85,6	175,8 AB± 162,5	571,9 AB± 173,2
C5	1.391	687,2 A± 177,5	114,2 AB± 111,9	802,7 A± 240,2
C6	1.420	299,5 C± 137,6	206,8 B± 204,2	506,3 B± 229,5
C7	1.550	264,5 BC± 182,4	112,3 B± 136,3	376,8 B± 216,2
Média		435,5± 106,9	193,1± 45,6	628,6± 109,8
Abril/2018				
Cotas	Altitude (m)	Folhas	Galhos/ miscelânea	Total**
C1	1.112	338,0 AB ¹ ±106,9*	150,6 A ¹ ±139,9	488,6 A ¹ ±173,9
C2	1.219	242,4 AB±105,2	102,2 AB±139,9	344,7 AB±183,8
C3	1.302	238,7 AB±69,4	145,1 AB±82,5	383,7 AB±108,3
C4	1.319	249,2 B±59,9	154,1 AB±140,3	403,3 B±163,7
C5	1.391	424,0 A±136,9	143,8 AB±106,6	565,4 A±148,7
C6	1.420	223,8 AB±157,1	121,5 B±42,6	345,4 AB±129,3
C7	1.550	218,2 B±50,1	119,0 AB±97,6	337,2 B±120,5
Média		276,3±85,2	133,8±80,0	409,8±126,0

Nota: ⁽¹⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis (p<0,05); *Desvio Padrão; **Soma de folhas e galhos/miscelânea.

Houve diferença estatística da serapilheira aportada somente nas folhas e no aporte total entre os períodos de coleta (Tabela 2). Os resultados apresentados nesse estudo corroboram com a pesquisa realizada no mesmo local por Castro (2014). No período de menor precipitação, as cotas altimétricas C5 e C1 apresentaram maior aporte de serapilheira, respectivamente. Esses resultados podem estar relacionados com a face de exposição das parcelas parcialmente (C1) ou totalmente (C5) para o norte ocasionando uma maior iluminação solar somado com uma menor declividade, com isso há maior acúmulo de biomassa no solo (HINKEL, 2002).

As cotas altimétricas C1, C3 e C5 apresentaram maior aporte em comparação às outras cotas, isso pode estar ocorrendo devido à entrada de energia luminosa associando com o fato de estas cotas estarem direcionadas para o norte, totalmente como é o caso da cota cinco ou parcialmente como as cotas um e três (Castro, 2014; 2018). A planta captando mais energia luminosa tem sua capacidade fotossintética aumentada e, conseqüentemente, aumenta sua

produção de biomassa, resultado parecido ocorreu no estudo realizado por Oliveira et al. (1995), em que as parcelas que tinha maior intensidade luminosa produziram mais serapilheira.

Os valores médios do conteúdo de macronutrientes na serapilheira aportada podem ser observados nas Tabelas 3 e 4, apresentando a seguinte ordem decrescente: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$ para os dois períodos de coleta. Houve diferença estatística próximo da totalidade dos macronutrientes entre as cotas altitudinais com exceção do fósforo para o aporte total (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do conteúdo dos macronutrientes (kg ha^{-1}) no período de setembro/2017 da serapilheira aportada entre as cotas em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES

Folhas						
Cotas	N	P	K	Ca	Mg	S
	Kg ha^{-1}					
C1	12,26 A $\pm$ 3,09*	0,46 A $\pm$ 0,13	1,70 A $\pm$ 0,62	21,22 AB $\pm$ 9,84	1,34 A $\pm$ 0,36	1,02 A $\pm$ 0,24
C2	7,55 AB $\pm$ 2,5	0,36 A $\pm$ 0,13	2,06 A $\pm$ 0,63	21,51 AB $\pm$ 10,49	1,00 A $\pm$ 0,36	0,69 A $\pm$ 0,20
C3	8,00 AB $\pm$ 2,55	0,34 A $\pm$ 0,13	0,81 AB $\pm$ 0,41	11,14 B $\pm$ 10,14	1,21 A $\pm$ 0,39	0,54 B $\pm$ 0,20
C4	6,94 AB $\pm$ 2,74	0,29 AB $\pm$ 0,14	1,62 A $\pm$ 0,42	12,79 B $\pm$ 10,13	0,72 AB $\pm$ 0,40	0,61 A $\pm$ 0,24
C5	10,67 A $\pm$ 2,89	0,54 A $\pm$ 0,15	0,91 AB $\pm$ 0,21	33,43 A $\pm$ 10,86	1,50 A $\pm$ 0,44	0,91 A $\pm$ 0,26
C6	4,51 B $\pm$ 1,24	0,26 AB $\pm$ 0,09	0,56 B $\pm$ 0,18	6,10 C $\pm$ 2,80	0,79 AB $\pm$ 0,19	0,44 B $\pm$ 0,17
C7	3,59 B $\pm$ 1,35	0,16 AB $\pm$ 0,09	0,48 B $\pm$ 0,22	6,65 C $\pm$ 3,10	0,53 AB $\pm$ 0,14	0,35 B ($\pm$ 0,19)
Galhos/Miscelânea						
C1	5,91 A $\pm$ 1,39	0,38 A $\pm$ 0,09	0,98 A $\pm$ 0,20	10,46 A $\pm$ 3,04	0,58 A $\pm$ 0,13	0,70 A $\pm$ 0,19
C2	3,37 A $\pm$ 0,78	0,20 AB $\pm$ 0,04	0,65 A $\pm$ 0,12	11,36 A $\pm$ 2,81	0,34 A $\pm$ 0,07	0,28 B $\pm$ 0,06
C3	3,00 AB $\pm$ 13,36	0,17 AB $\pm$ 0,65	0,54 A $\pm$ 1,97	3,98 C $\pm$ 1,16	0,34 A $\pm$ 0,07	0,26 B $\pm$ 0,06
C4	2,44 AB $\pm$ 14,09	0,16 AB $\pm$ 0,70	0,57 A $\pm$ 2,43	6,84 AB $\pm$ 1,61	0,30 AB $\pm$ 0,05	0,28 B $\pm$ 0,07
C5	2,12 B $\pm$ 13,84	0,13 B $\pm$ 0,68	0,33 B $\pm$ 2,33	4,15 C $\pm$ 1,19	0,21 AB $\pm$ 0,03	0,17 BC $\pm$ 0,04
C6	3,85 A $\pm$ 12,49	0,22 AB $\pm$ 0,62	0,64 A $\pm$ 2,15	6,19 AB $\pm$ 1,34	0,31 AB $\pm$ 0,05	0,25 B $\pm$ 0,06
C7	1,80 B $\pm$ 11,17	0,11 B $\pm$ 0,58	0,45 AB $\pm$ 1,79	4,34 C $\pm$ 1,22	0,16 AB $\pm$ 0,02	0,14 BC $\pm$ 0,03
Total**						
C1	35,32 A $\pm$ 7,80	1,76 A $\pm$ 0,40	5,32 A $\pm$ 1,24	61,75 A $\pm$ 20,09	3,69 A $\pm$ 0,81	3,49 A $\pm$ 0,81
C2	21,67 AB $\pm$ 5,43	1,17 A $\pm$ 0,33	5,08 A $\pm$ 1,10	67,31 A $\pm$ 20,50	2,52 A $\pm$ 0,69	1,90 B $\pm$ 0,45
C3	21,17 AB $\pm$ 5,94	1,03 A $\pm$ 0,36	2,89 AB $\pm$ 0,79	28,83 BC $\pm$ 18,43	2,85 A $\pm$ 0,76	1,61 B $\pm$ 0,48
C4	17,95 B $\pm$ 6,70	0,95 A $\pm$ 0,41	4,20 A $\pm$ 0,91	40,73 B $\pm$ 20,53	2,00 AB $\pm$ 0,80	1,78 B $\pm$ 0,55
C5	27,35 A $\pm$ 8,20	1,58 A $\pm$ 0,50	3,37 AB $\pm$ 0,62	68,25 A $\pm$ 25,13	3,23 A $\pm$ 0,97	2,25 B $\pm$ 0,66
C6	17,05 B $\pm$ 4,18	0,97 A $\pm$ 0,27	2,51 AB $\pm$ 0,23	25,46 BC $\pm$ 10,20	2,09 AB $\pm$ 0,57	1,35 BC $\pm$ 0,27
C7	11,14 B $\pm$ 3,24	0,59 A $\pm$ 0,17	2,18 B $\pm$ 0,19	24,02 BC $\pm$ 11,39	1,29 B $\pm$ 0,57	0,97 C $\pm$ 0,29

Nota: ⁽¹⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis ($p < 0,05$); *Desvio Padrão; **Soma de folhas e galhos/miscelânea.

A fração folhas, em virtude de sua predominância de biomassa, contribui em maior parte na ciclagem de nutrientes, sendo que sua participação relativa no retorno dos nutrientes pode chegar até 70% para alguns nutrientes. Seguido por galhos e miscelânea (Tabelas 3 e 4) os quais juntos representam aproximadamente 40% do cálcio estocado na serapilheira.

Tabela 4. Valores médios do conteúdo dos macronutrientes (kg ha⁻¹) no período de abril/2018 da serapilheira aportada entre as cotas em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES

Folhas						
Cotas	N	P	K	Ca	Mg	S
Kg ha ⁻¹						
C1	7,85 A ¹ ±1,45*	0,33 A±0,07	1,32 B±0,64	9,40 AB±3,10	0,59 A±0,15	0,49 A±0,11
C2	4,45 AB±0,82	0,21 AB±0,07	0,83 BC±0,69	6,11 B±3,29	0,33 B±0,16	0,48 A±0,11
C3	4,29 AB±1,12	0,16 B±0,07	0,52 C±0,70	7,77 B±3,55	0,52 A±0,20	0,37 A±0,12
C4	4,46 AB±1,48	0,21 AB±0,08	1,39 B±0,72	8,62 AB±3,76	0,64 A±0,22	0,38 A±0,13
C5	6,18 A±1,55	0,33 A±0,08	2,26 A±0,72	13,03 A±3,69	0,67 A±0,19	0,49 A±0,13
C6	4,04 AB±0,88	0,20 AB±0,04	0,64 BC±0,16	4,38 BC±0,30	0,28 B±0,13	0,23 B±0,04
C7	3,96 AB±0,70	0,15 B±0,03	0,51 C±0,17	4,27 BC±0,42	0,50 B±0,14	0,25 B±0,04
Galhos/Miscelânea						
C1	2,72 A±0,27	0,19 A±0,03	0,74 A±0,18	4,01 A±0,82	0,17 A±0,06	0,15 A±0,03
C2	1,90 B±0,23	0,10 B±0,02	0,36 B±0,14	3,64 AB±0,87	0,20 A±0,07	0,15 A±0,03
C3	2,39 A±0,29	0,14 AB±0,40	0,39 B±1,60	3,80 A±0,49	0,30 A±0,51	0,19 A±0,42
C4	2,56 A±0,67	0,13 AB±0,41	0,68 A±1,64	3,71 AB±0,73	0,14 A±0,59	0,19 A±0,53
C5	2,39 A±0,66	0,14 AB±0,40	0,35 B±1,61	4,76 A±0,20	0,18 A±0,70	0,21 A±0,55
C6	2,15 AB±0,15	0,14 AB±0,38	0,30 B ±1,74	2,46 C±0,97	0,12 A±0,68	0,14 A±0,53
C7	2,21 AB±0,16	0,11 B±0,35	0,30 B±1,65	2,53 C±0,98	0,11 A±0,57	0,13 A±0,46
Total**						
C1	20,19 A±3,06	1,10 A±0,21	4,31 A±1,26	26,60 A±4,58	1,40 A±0,31	1,20 A±0,26
C2	12,74 B±2,01	0,64 AB±0,16	2,40 B±1,21	20,97 AB±6,08	1,15 A±0,34	1,19 A±0,27
C3	13,20 B±2,18	0,63 AB±0,17	1,86 BC±1,35	22,54 AB±5,02	1,63 A±0,37	1,08 A±0,30
C4	13,91 B±2,48	0,68 AB±0,19	4,04 A±1,44	23,65 A±7,41	1,41 A±0,37	1,12 A±0,34
C5	17,62 A±3,04	0,99 A±0,23	4,41 A±1,54	36,11 A±9,68	1,62 A±0,43	1,46 A±0,41
C6	12,33 B±2,89	0,70 AB±0,12	1,84 BC±0,15	13,75 C±5,78	0,77 A±0,22	0,76 B±0,22
C7	12,40 B±2,79	0,53 C±0,13	1,64 BC±0,12	14,57 C±5,95	1,08 A±0,29	0,74 B±0,21

Nota: ⁽¹⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna, são estatisticamente iguais pelo teste de Kruskal Wallis (p<0,05); *Desvio Padrão; **Soma de folhas e galhos/miscelânea. Fonte: O autor.

O maior conteúdo de nutrientes observados no compartimento folhas é de suma importância, pois segundo Olson (1963), Mason (1980), Haag (1985) e Cunha (1997), no processo de decomposição, o material foliar é decomposto mais rapidamente do que as demais frações da serapilheira, tornando maior quantidade de nutrientes disponíveis no solo em menor tempo.

A relação C:N dos diferentes materiais, mostrou uma tendência de acréscimo com a altitude. Na fração Folhas, na coleta de setembro/2017 essa tendência ficou mais expressiva, mas com maiores desvios. Para a Fração Galhos/Miscelânea, em abril/2018, existe uma tendência de acréscimo somente até a cota altimétrica C4, nas demais cotas, os valores reduziram (Tabela 5).

Tabela 5. Relação C:N nos períodos de setembro/2017 e abril/2018 da serapilheira aportada entre as cotas em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES

Setembro/2017		
Cotas	Folhas	Galhos/miscelânea
C1	15,46±4,57	21,87±2,37
C2	15,89±1,56	21,56±0,55
C3	20,36±2,10	21,68±2,26
C4	22,37±2,26	23,07±3,72
C5	24,84±1,04	23,47±2,41
C6	26,75±1,94	27,53±0,26
C7	27,82±2,38	26,85±8,41
Abril/2018		
Cotas	Folhas	Galhos/miscelânea
C1	16,38±1,38	19,37±3,61
C2	20,52±1,77	20,54±0,96
C3	20,92±2,21	23,25±5,26
C4	21,37±2,47	24,85±3,38
C5	20,91±3,11	22,81±1,68
C6	21,64±2,56	21,82±3,07
C7	25,95±5,23	20,54±5,40

Nota: *Desvio Padrão.

Conforme aumenta a altitude das parcelas ocorre um acréscimo na relação C:N da serapilheira, o que pode indicar um padrão altitudinal de imobilização de N pela biomassa microbiana (BARDGETT et al., 2005). Isso indica que o máximo de imobilização de N acontece na estação do verão, quando ocorre o maior aporte de biomassa de serapilheira, e no inverno quando o ambiente fica mais limitado por esse nutriente observado na maior relação C:N (Tabela 5).

4. CONCLUSÃO

A maior produção média de serapilheira aportada foi observada no período de menor precipitação. Em relação ao conteúdo de macronutrientes na floresta em questão ocorreu na seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > S > P para os diferentes materiais nos dois períodos de coleta.

A temperatura, precipitação e a intensidade de iluminação solar foram os fatores primordiais no aporte de serapilheira, mesmo não apresentando uma sazonalidade marcante, a variação da produção de biomassa se destacou onde esses fatores se demonstraram mais intensos.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas de Iniciação Científica, bem como pelo financiamento do projeto (Número do Processo: 303363/2015-0). A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio de recursos financeiros (Processo Número: 73409286/2016; Termo de Outorga: 29/2016).

REFERÊNCIAS

- BARDGETT, R. D.; BOWMAN W. D.; KAUFMANN R.; SCHMIDT S. K. et al. *A temporal approach to linking aboveground and belowground ecology. Trends in Ecology and Evolution*, v. 20, n. 11, p. 634–641, 2005.
- CASTRO, K. C. **Ciclagem de nutrientes em diferentes condições edafoclimáticas em trecho de Floresta Ombrófila Densa**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2018.
- CASTRO, K.C. **Serapilheira e estoque de carbono ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Ombrófila Densa, no Parque Nacional do Caparaó, ES**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2014.
- CUNHA, G.C. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – ESALQ/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.
- HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144 p.
- HAYASHI, S.N. **Dinâmica da serapilheira em uma cronosequência de florestas no município de Capitão Poço - PA**. 2006. 61 p. Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical) – Universidade Rural da Amazônia, Belém, PA. 2006.
- HINKEL, R. **Aspectos da ciclagem de nutrientes de dois estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC**. 2002. 164 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.
- MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980. 63 p. (Temas de Biologia, 18).
- MAZINE, F.F.; SOUZA, V.C. Myrtaceae dos campos de altitude do Parque Nacional do Caparaó – Espírito Santo/Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 57-74, 2008.
- OLIVEIRA, R.R. ZAÚ, A.S., LIMA, D.F., SILVA, M.B.R., VIANNA, M.C. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis*, v. 1, n. 2, p. 523-541, 1995.
- OLSON, J.S. Energy-storage and balance of producers and decomposers in ecological-systems. *Ecology*, Washington, v. 44, n. 2, p. 322-331, 1963.

SWITZER, G.L.; NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in Loblolly Pine (*Pinus taeda*) plantation ecosystems: The first 20 years. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36 n. 3, p. 143-147, 1972.

VITOUSEK, P.M.; SANFORD, R.L. Nutrient Cycling in Moist Tropical Forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, n. 4, p. 137-167, 1986.

Capítulo 30

SERAPILHEIRA ACUMULADA E CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSE MONTANA

*Lucas Dambróz Beccalli¹, Eduardo Ribeiro Bassini¹,
Marcos Vinicius. Winckerl Caldeira¹, Kallil Chaves Castro², Paulo André Trazzi¹*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Núcleo de Pesquisa em Meio Ambiente, Silvicultura e Ecologia (Nupemase), Brasil

² Agroflor Engenharia e Assessoria em Gestão Empresarial Ltda., Brasil

Autor correspondente: lucasdambroz@hotmail.com

Resumo: A ciclagem de nutrientes via serapilheira exerce uma importante função na manutenção dos teores de nutrientes nos solos. Levando em consideração a dinâmica nutricional da floresta principalmente em relação à ciclagem de nutrientes que é de grande importância nestes ecossistemas, já que esta é a principal fonte de nutrientes em solos com baixa fertilidade. Objetivou-se estudar o acúmulo de serapilheira em dois períodos estacionais (final do período de menor precipitação em set/2017 e final do período de maior precipitação em abr/2018) em função do gradiente altitudinal. O estudo foi realizado na Floresta Ombrófila Densa Montana, no Parque Nacional do Caparaó. Foram alocadas sete parcelas de 20 x 50 m² para a quantificação de serapilheira acumulada e em cada parcela foram coletadas aleatoriamente 12 amostras com gabarito de 25 x 25 cm². No período de menor precipitação as parcelas tiveram acúmulo médio de 5332,56 Kg ha⁻¹, tal valor pode estar relacionado a uma menor atividade de microrganismos decompositores devido as baixas temperaturas nessa época (inverno) levando maior acúmulo. No período de maior precipitação e temperatura o acúmulo médio foi 2884,54 Kg ha⁻¹. A redução do acúmulo pode ser devido às maiores temperaturas e precipitação relativas no verão que consequentemente aumenta a atividade de microrganismos decompositores e o arraste hídrico pelas fortes chuvas. O conteúdo médio de macronutrientes contidos na serapilheira ocorreu na seguinte ordem decrescente: Ca > N > K > Mg > S > P corroborando com vários estudos de variadas tipologias florestais.

Palavras chave: Dinâmica nutricional; Gradiente altitudinal; Tipologias florestais.

ACCUMULATED LITTER AND NUTRIENT CONTENT IN DENSE OMBROPHILOUS FOREST

Abstract: Nutrient cycling via litter plays an important role in maintaining nutrient content in soils. Taking into account the nutritional dynamics of the forest especially in relation to nutrient cycling which is of great importance in these ecosystems, as it is the main source of nutrients in low fertility soils. The objective of this work was to study the litter accumulation in two seasonal periods (end of the period of lowest precipitation in Sep/17 and end of the period of highest precipitation in Apr/18) as a function of the altitudinal gradient. The study was conducted in Dense Ombrophilous Forest, in Caparaó National Park, ES. Seven plots of 20 x 50 m² were allocated to the study site. Seven plots of 20 x 50 m² were allocated for the quantification of accumulated litter and in each plot 12 samples were randomly collected with a 25 x 25 cm² template. In the period of least precipitation the plots had an average accumulation of 5332.56 Kg ha⁻¹, this value may be related to a lower activity of decomposing microorganisms due to the low temperatures at this time (winter) leading to greater accumulation. In the period of highest precipitation and temperature the average accumulation was 2884.54 Kg ha⁻¹. The reduction of accumulation may be due to higher temperatures and precipitation related to the period of greatest precipitation (summer) which consequently increases the activity of decomposing microorganisms and the water drag by heavy rains. The content of macronutrients contained in litter occurred in the following decreasing order: Ca > N > K > Mg > S > P according to several studies.

Keywords: Nutritional dynamics; Altitudinal gradient; Forest typologies.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de ecossistemas está relacionado principalmente à capacidade que o ambiente tem de reaproveitar nutrientes. Os microrganismos decompositores têm maior capacidade de ciclagem de nutrientes em relação aos compartimentos abióticos. Tais compartimentos imobilizam os nutrientes por um período de tempo e posteriormente os liberam para serem ciclados e novamente utilizados (CASTRO, 2014).

Em Florestas Tropicais parte dos nutrientes encontram-se estocados na madeira, ramos e raízes, sendo ciclados mais lentamente em comparação à ciclagem realizada via transferência de nutrientes pela serapilheira das partes verde. Em geral, o acúmulo de serapilheira é determinado pelo balanço entre a produção/deposição e a decomposição. A época de coleta, a temperatura e umidade, o estágio sucessional, a diversidade de espécies, o teor de macro e micronutrientes, a composição orgânica, a fauna do solo e a remoção da serapilheira são os principais fatores que regulam o aporte e a decomposição (FACELLI; GOLLEY et al., 1978; PICKETT, 1991; WEDDERBURN; CARTER, 1999; CALDEIRA et al., 2008).

Partindo desse pressuposto, este estudo teve como objetivo quantificar o acúmulo de serapilheira e o conteúdo de nutrientes, na Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó), com 318,03 km², está localizado entre as coordenadas 20°19'20"37"S e 41°43'41"53"W, na divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Aproximadamente 70% do Parque está localizado no estado do Espírito Santo. Sua maior extensão está acima de 2.000 m de altitude (MAZINE; SOUZA, 2008).

A microbacia onde está inserida a área de estudo apresenta uma área total de 17.758,684 km², com altitude variando em 872 e 2486 metros e declividades acentuadas variando entre ondulado a montanhoso.

Para quantificar o acúmulo de serapilheira foram coletadas por período (setembro/2017 e abril/2018) 12 amostras de serapilheira sob o piso florestal por cota (7 cotas altimétricas, Tabela 1), realizadas com o auxílio de um gabarito de 25 x 25 cm², para a serapilheira depositada foram alocados 8 coletores de 0,75 x 0,75 cm² em sete parcelas ao longo do gradiente altitudinal. O procedimento de coleta consistiu de um caminhar em zigue-zague dentro das parcelas, onde foi respeitada uma distância mínima de 4 m entre os pontos de coleta, evitando a coleta sobre trilhas e afloramento de rochas. Após a coleta a serapilheira acumulada foi alocada em sacos de papel, separados e identificados, sendo colocados na estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, por 72 horas, para determinação da massa seca em balança de precisão (0,001 g) e quantificado em Kg ha⁻¹.

As análises químicas de macronutrientes da serapilheira acumulada foram realizadas no laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), em Jerônimo Monteiro, ES conforme a metodologia descrita por EMBRAPA (2009) e Tedesco et al. (1995).

Os valores médios do acúmulo de serapilheira foram comparados entre as setes cotas altimétricas por meio de teste não paramétrico de comparações múltiplas de Kruskal Wallis ao nível de 5% de probabilidade nos dois períodos de coleta.

Tabela 1. Distribuição altitudinal, declividade e face de exposição das cotas altimétricas utilizadas para o estudo de serapilheira na Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES

Cotas altimétricas	Altitude (m)	Declividade média (%)	Declividade média (°)	Face de exposição	Distância entre as cotas altimétricas (m)	
					Cotas altimétricas	Distância
C1	1.112	69,55	34,82	Nordeste/Leste	1-2	683,13
C2	1.219	58,29	30,24	Leste/Sudeste	2-3	164,5
C3	1.302	75,00	36,87	Nordeste	3-4	528,57
C4	1.319	75,00	36,87	Leste	4-5	485,39
C5	1.391	48,24	25,75	Norte	5-6	226,66
C6	1.420	73,39	36,27	Sul/Sudeste	6-7	813,38
C7	1.550	127,73	51,94	Nordeste	7-1	2.708

Fonte: Adaptado de Castro (2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a biomassa não houve diferença significativa entre as cotas altimétricas nos dois períodos de coleta. No período de menor precipitação (set/2017) o acúmulo médio foi de 5332,56 Kg ha⁻¹, cerca de 54% a mais de contribuição comparado ao período de maior precipitação (2884,54 Kg ha⁻¹) em abril/2018.

Tabela 2. Serapilheira acumulada (em kg ha⁻¹), no período de coleta em setembro/2017 e abril/2018 na Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES

Setembro/2017			
Cotas	Altitude (m)	Serapilheira Acumulada	s*
C1	1.112	6319,57 A ¹	± 1145,15
C2	1.219	6056,64 A	± 1823,46
C3	1.302	5258,10 A	± 1528,72
C4	1.319	5156,07 A	± 1911,07
C5	1.391	7317,04 A	± 2188,42
C6	1.420	2980,50 A	± 610,35
C7	1.550	4239,97 A	± 1114,14
Média	5332,56		± 785,38
Abril/2018			
Cotas	Altitude (m)	Serapilheira Acumulada	s*
C1	1.112	3751,17 AB ¹	±985,41
C2	1.219	2517,84 A	±2305,43
C3	1.302	2395,30 A	±1888,26
C4	1.319	3580,10 A	±1791,38
C5	1.391	4509,57 B	±1379,87
C6	1.420	2267,04 A	±965,00
C7	1.550	1170,77 A	±1008,21
Média	2884,54		± 587,25

Nota: ⁽¹⁾Valores seguidos pela mesma letra na coluna, são estatisticamente iguais pelo teste Kruskal-Wallis (p<0,05); *Desvio Padrão.

Os resultados apresentados nesse estudo corroboram com a pesquisa realizada no mesmo local por Castro (2014; 2018). Para ambos períodos caracterizados, as cotas altimétricas C5 e C1 apresentaram maior acúmulo de serapilheira, respectivamente. Tais resultados podem estar

relacionados com a declividade das parcelas (C1) e (C5), quanto menor a declividade maior será o acúmulo. Ambas as cotas altimétricas com menor acúmulo, C6 e C7, encontram-se em faixa de declividade acentuada, o que pode estar coerente com a retirada do material acumulado devido a ação superficial da água oriundo das chuvas torrenciais (HINKEL, 2002).

O período que apresentou maior acúmulo de serapilheira foi o mês de setembro/2017, pois apresenta menores índices de precipitação e baixas temperaturas na região (Gráfico 1) (INMET, 2018), esses fatores favorecem o acúmulo e limitam a decomposição da serapilheira acumulada (OLSON, 1963) mantendo os níveis da relação acúmulo/decomposição da biomassa em equilíbrio.

Gráfico 1. Precipitação mensal acumulada e temperatura média mensal (agosto/2017 a julho/2018) para o município de Caparaó, MG

Fonte: INMET (2018).

Outros estudos, realizados por Britez et al. (1992) e Selle (2007) evidenciam a maior acúmulo de biomassa nos meses que ocorrem maior precipitação. Desta forma supõe-se a grande importância que outros elementos climáticos, além da precipitação, como a temperatura e peculiaridades da área de estudo, como o relevo, declividade e face de exposição, atuam no acúmulo de serapilheira. O acúmulo pode ser controlado principalmente pela ativação e aceleração do metabolismo de microrganismos decompositores relacionados com a redução e o aumento da temperatura (MAMAN et al., 2007).

Os maiores conteúdos de macronutrientes na serapilheira foram o cálcio e o nitrogênio, sendo que esses nutrientes apresentam as maiores quantidades nos diferentes materiais depositados sobre o solo. O conteúdo de Ca + N corresponde a mais de 90% do total de macronutrientes sobre o solo conforme os resultados apresentados na tabela 3.

Os baixos teores de potássio e fósforo na serapilheira acumulada estão relacionados com pequenas taxas desse nutriente na ciclagem biogeoquímica, contrariamente às de Cálcio, nutriente cujos teores na serapilheira acumulada são muitas vezes superiores aos existentes nos componentes da biomassa acima do solo (GODINHO et al., 2013).

A magnitude média do acúmulo de nutrientes via serapilheira em diferentes tipologias florestais nativas segue a seguinte ordem: Ca > N > K > Mg > S > P como observado nos resultados da Tabela 3 do presente estudo (CUNHA et al., 1993; CUNHA, 1997; GAMA-RODRIGUES; BARROS 200; CALDEIRA et al., 2008).

Tabela 3. Valores médios do conteúdo dos macronutrientes (kg ha^{-1}) nos períodos de setembro/2017 e abril/18 da serapilheira acumulada entre as cotas em Floresta Ombrófila Densa Montana no Parque Nacional do Caparaó, ES

Setembro/2017						
Serapilheira Acumulada						
Cotas	N	P	K	Ca	Mg	S
Kg ha ⁻¹						
C1	132,52 A ¹ ($\pm 7,15$) *	5,71 B ($\pm 1,49$)	7,52 A ($\pm 1,96$)	347,98 A ($\pm 9,24$)	11,52 A ($\pm 3,54$)	8,69 A ($\pm 2,36$)
C2	155,02 A ($\pm 8,40$)	5,96 B ($\pm 1,53$)	7,47 A ($\pm 1,88$)	242,15 AB ($\pm 7,36$)	9,72 A ($\pm 3,61$)	6,53 AB ($\pm 2,41$)
C3	101,21 AB ($\pm 4,57$)	4,06 B ($\pm 1,96$)	4,08 AB ($\pm 1,86$)	113,69 BC ($\pm 9,47$)	8,68 A ($\pm 4,41$)	6,45 AB ($\pm 3,25$)
C4	78,46 AB ($\pm 7,46$)	3,66 AB ($\pm 2,28$)	5,41 AB ($\pm 2,03$)	243,10 AB ($\pm 9,02$)	6,33 B ($\pm 4,82$)	8,09 A ($\pm 3,73$)
C5	136,21 A ($\pm 5,75$)	6,48 A ($\pm 2,44$)	6,77 A ($\pm 2,14$)	184,64 AB ($\pm 7,21$)	14,26 A ($\pm 5,09$)	9,37 A ($\pm 3,55$)
C6	59,73 AB ($\pm 9,02$)	2,61 B ($\pm 1,38$)	2,46 C ($\pm 1,09$)	69,90 C ($\pm 5,77$)	4,29 B ($\pm 2,03$)	2,31 C ($\pm 2,01$)
C7	69,21 C ($\pm 4,63$)	3,36 AB ($\pm 1,21$)	4,03 AB ($\pm 1,17$)	139,73 BC ($\pm 9,51$)	5,52 B ($\pm 1,80$)	5,70 B ($\pm 2,03$)
Média	104,62 ($\pm 26,71$)	4,55 ($\pm 1,26$)	5,39 ($\pm 1,73$)	191,60 ($\pm 28,23$)	8,62 ($\pm 2,61$)	6,73 ($\pm 2,46$)
Abril/2018						
Serapilheira Acumulada						
Cotas	N	P	K	Ca	Mg	S
Kg ha ⁻¹						
C1	44,40 AB ¹ ($\pm 5,64$)	1,56 B ($\pm 0,73$)	4,46 AB ($\pm 1,63$)	83,11 AB ($\pm 4,21$)	2,64 C ($\pm 1,65$)	3,26 AB ($\pm 1,05$)
C2	27,22 B ($\pm 6,99$)	1,08 B ($\pm 0,77$)	2,82 B ($\pm 1,77$)	57,58 BC ($\pm 7,43$)	1,75 C ($\pm 1,75$)	2,22 B ($\pm 1,15$)
C3	38,78 B ($\pm 2,92$)	1,88 B ($\pm 1,00$)	3,59 AB ($\pm 2,19$)	48,79 BC ($\pm 6,75$)	3,07 AB ($\pm 2,05$)	2,66 B ($\pm 1,62$)
C4	72,12 A ($\pm 8,76$)	2,40 AB ($\pm 1,25$)	6,23 A ($\pm 2,70$)	114,59 A ($\pm 5,43$)	3,87 B ($\pm 2,45$)	3,80 AB ($\pm 1,95$)
C5	66,48 A ($\pm 7,26$)	3,34 A ($\pm 1,35$)	7,31 A ($\pm 2,86$)	132,98 A ($\pm 5,55$)	6,97 A ($\pm 2,61$)	5,38 A ($\pm 2,08$)
C6	43,82 AB ($\pm 2,57$)	1,77 B ($\pm 0,99$)	3,81 AB ($\pm 2,11$)	41,16 BC ($\pm 7,75$)	3,02 AB ($\pm 1,51$)	2,71 B ($\pm 1,45$)
C7	49,75 AB ($\pm 8,14$)	2,44 AB ($\pm 0,90$)	5,90 A ($\pm 1,98$)	74,26 AB ($\pm 6,75$)	3,78 B ($\pm 1,32$)	3,65 AB ($\pm 1,31$)
Média	48,94 ($\pm 14,67$)	2,07 ($\pm 0,46$)	4,87 ($\pm 1,18$)	78,92 ($\pm 17,33$)	3,59 ($\pm 1,24$)	3,38 ($\pm 1,07$)

Em que: ⁽¹⁾Valores seguidos por letras diferentes na coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$); *Desvio Padrão. Fonte: O Autor.

4. CONCLUSÃO

O acúmulo de serapilheira foi sazonal em comparação aos dois períodos estudados, com os maiores acúmulos ocorrendo no final de estação seca (setembro/17) com escassez hídrica e temperaturas do ar amenas, mostrando ser possivelmente influenciado pelos elementos climáticos e de grande importância para a proteção do solo. A variação do acúmulo de serapilheira pode estar relacionada com a diferença de temperatura e precipitação em cada período da coleta, porém uma análise isolada destas variáveis apenas não determina a biomassa da serapilheira acumulada, desta forma deve-se levar em consideração outros elementos climáticos como temperatura, intensidade de iluminação solar e declividade.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas de Iniciação Científica, bem como pelo financiamento do projeto (Número do Processo: 303363/2015-0). A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio de recursos financeiros (Processo Número: 73409286/2016; Termo de Outorga: 29/2016).

REFERÊNCIAS

- BRITEZ, R.M.; REISSMAN, C.B.; SILVA, S.M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **Revista do Instituto Florestal** 4 (3): 766-772, 1992.
- CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias** (Online), Londrina, v. 29, p. 53-68, 2008.
- CASTRO, K. C. **Ciclagem de nutrientes em diferentes condições edafoclimáticas em trecho de Floresta Ombrófila Densa**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2018.
- CASTRO, K.C. **Serapilheira e estoque de carbono ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Ombrófila Densa, no Parque Nacional do Caparaó, ES**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2014.
- CUNHA, G.C. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – ESALQ/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.
- CUNHA, G.C. et al. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n.1, p.35-64, 1993.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p

FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, Lancaster, v.57, p.1-32, 1991.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in Southeastern Bahia, **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, n. 31, p. 287-298, 2007.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serapilheira depositada em trecho de floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, p. 131-144, 2013.

GOLLEY, F.B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: Tropical forest ecosystems: structure and function. **Elsevier**, Amsterdam, p.137-156, 1978.

HINKEL, R. **Aspectos da ciclagem de nutrientes de dois estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Parque Municipal da Lagoa do Peri, Ilha de Santa Catarina, SC**. 2002. 164 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

MAMAN, A.P.; SILVA, C.J.; SGUAREZI, E.M.; BLEICH, M.E. Produção e acúmulo de serrapilheira e decomposição foliar em Mata de Galeria e Cerradão no sudoeste de Mato Grosso. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 5, n. 1, p. 71- 84, 2007.

MAZINE, F.F.; SOUZA, V.C. Myrtaceae dos campos de altitude do Parque Nacional do Caparaó – Espírito Santo/Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 57-74, 2008.

SELLE, G. L. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais**. Bioscience Journal, Uberlândia, v.23, n.4, p.29-39, 2007.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Ver. E ampl. - Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

WEDDERBURN, M.E.; CARTER, J. Litter decomposition by four functional tree types for use in silvopastoral systems. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, p. 455–461, 1999.

Capítulo 31

REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES EM FOLHAS DE *Myrcia splendens*

Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Eduardo Ribeiro Bassini¹, Lucas Dambróz Beccalli¹, Kallil Chaves Castro², Guilherme Bravim Canal³, Paulo André Trazzi¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Núcleo de Pesquisa em Meio Ambiente, Silvicultura e Ecologia (Nupemase), Brasil

² Agroflor Engenharia e Assessoria em Gestão Empresarial Ltda., Brasil

³ Departamento de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: mvwcaldeira@gmail.com

Resumo: O estudo da ciclagem de nutrientes propicia melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes no ecossistema, e pode ser considerado um importante indicador de recuperação de áreas degradadas. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o teor e a redistribuição de nutrientes em folhas maduras e senescentes da espécie *Myrcia splendens* em Floresta Ombrófila Densa no Parque Nacional do Caparaó, ES. Foram realizadas coletas de folhas maduras e senescentes em duas estações distintas: final do período de menor precipitação (setembro/2017), e final do período de maior precipitação (abril/2018). Os dados obtidos para os teores foram submetidos ao teste t para comparação das médias dos nutrientes entre as estações, e a redistribuição de nutrientes foi submetida a análise de correlação de Spearman. Não houve diferença entre os teores das floras em relação a estação, independente do estágio fenológico, a exceção de K. A redistribuição de nutrientes não se correlacionou com a altitude para a maioria dos nutrientes. Para as variáveis estudadas, pode-se concluir que o principal fator para mudanças no teor de nutrientes das folhas da espécie é o estágio fenológico.

Palavras chave: Floresta Atlântica; Teor de Macronutrientes; Ciclagem Interna.

NUTRIENT REDISTRIBUTION IN *Myrcia splendens*

Abstract: The study of nutrient cycling is essential as it provides a better understanding of nutrient dynamics in ecosystem, and can be considered an important indicator to degraded area recovery. This work aimed to evaluate the nutrient content and redistribution in mature and senescent leaves of the *Myrcia splendens* species in the Tropical Mountain Rainforests in Caparaó National Park, ES. Samples were collected in two distinct seasons: at the end of the period of least precipitation (September/2017) and at the end of the period of greatest precipitation (April/2018). After drying the leaves were sent to the laboratory. The data obtained for the contents were submitted to the nutrient media comparison test between the seasons, and the nutrient redistribution was submitted to Spearman correlation analysis. There was no difference between flower contents in relation to season, regardless of phenological stage, except for K. Nutrient redistribution did not correlate with altitude for most nutrients. For the studied variables, it can be concluded which is the main factor for changes in the nutrient content of the leaves of the species or in the phenological stage.

Keywords: Atlantic Forest; Macronutrient Content; Internal Cycling.

1. INTRODUÇÃO

Nos ecossistemas naturais terrestres, a floresta pode ser considerada um dos sistemas mais complexos onde, por meio de interações, a flora e fauna coexistem em um equilíbrio dinâmico, modificando e sendo modificados pelos fatores ambientais. É um sistema altamente produtivo mesmo sob condições adversas e em baixa disponibilidade de recursos. A transferência de nutrientes em Florestas Tropicais não é unidirecional, e não pode ser considerado um ciclo fechado, pois existem entradas e saídas de nutrientes do sistema (GOLLEY, 1983).

Diversos fatores são responsáveis pela variação nos teores dos nutrientes em diferentes partes do tecido vegetal, tais como: idade da árvore ou do tecido coletado, a posição de coleta na copa para as folhas, o período de coleta, a disponibilidade de nutrientes no solo, a demanda nutricional da espécie, condições edafoclimáticas, o estágio sucessional da floresta, entre outros (CALDEIRA; SCHUMACHER; RODRIGUES, 2002). Ainda segundo estes autores, alguns nutrientes como N, P e K apresentam teores mais elevados em tecidos mais novos quando comparado com outros nutrientes como Ca e Mg, que podem ser considerados imóveis. Em geral, a redistribuição de nutrientes ocorre no sentido fonte dreno, que para o caso das folhas, ocorre de folhas mais velhas e senescentes para folhas mais novas e tecidos meristemáticos.

Nesse sentido, o conhecimento sobre o teor, bem como distribuição dos nutrientes nas árvores, é fundamental para estabelecer estratégias de amostragem com a finalidade de estudar a nutrição, ciclagem e exportação. O estudo da ciclagem de nutrientes propicia um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes no ecossistema, sendo um importante indicador de recuperação de áreas degradadas.

A partir desse pressuposto, o objetivo deste estudo avaliar as diferenças nos teores e na redistribuição de nutrientes nas folhas maduras e senescentes da espécie *Myrcia splendens* (Sw) DC coletadas em duas épocas do ano, bem como avaliar a influência da variação altitudinal na redistribuição dos nutrientes desta espécie presente na Floresta Ombrófila Densa no Parque Nacional do Caparaó, ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área do presente estudo encontra-se distante 2 km do distrito de Santa Marta, que pertence ao município de Ibitirama, sendo uma microbacia localizada na porção sul do Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó), inserida dentro do estado do Espírito Santo (Figura 1). O clima da região enquadra-se no tipo Cwb, clima tropical de altitude/subtropical (ALVARES et al., 2013). Castro (2014; 2018) descreveu os solos das parcelas instaladas no PARN do Caparaó como sendo pouco desenvolvido, ácido e de baixa fertilidade.

Figura 1. Área de Estudo na Floresta Ombrófila Densa Montana no PARNA do Caparaó, ES: delimitação da microbacia, hidrografia, relevo e representação das parcelas

Fonte: Castro (2014).

O Parque está situado na província biogeográfica da Floresta Pluvial do Brasil e pertence ao Domínio Atlântico (Mata Atlântica), sendo observadas as formações vegetais de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, Matas Ciliares e Campos de Altitude (IBDF, 1981). As parcelas foram implantadas em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana, com as dimensões de 20 x 50 m, e foram distribuídas ao longo do vale para realização de forma a representarem amostras das variações presumidas para a vegetação e para o ambiente físico (CARVALHO et al., 2005; ROCHA et al., 2005) (Figura 1).

Foram coletadas amostras de 3 indivíduos de *Myrcia splendens* por parcela. As coletas das folhas foram realizadas em dois períodos: final do período de menor precipitação (setembro/2017), e final do período de maior precipitação (abril/2018). As folhas maduras foram coletadas de ramos localizados em pontos ortogonais da parte intermediária das copas das árvores previamente selecionadas, as folhas senescentes foram coletadas sobre o solo na projeção da copa das árvores selecionadas. As amostras coletadas de folhas maduras, bem como das folhas senescentes foram colocadas em sacos de papel pardo, secas em estufa de circulação de ar a 65°C até alcançar massa seca constante. Após a secagem as amostras foram trituradas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frascos de vidro para subsequente análise química do tecido vegetal (macronutrientes) (TEDESCO et al., 1995; MIYAZAWA et al., 1999).

A redistribuição dos nutrientes foi determinada pela fórmula proposta por Negi e Sharma (1996), a qual leva em consideração a redistribuição do Ca como referência, por este ser um nutriente imóvel na planta:

$$\text{Red. (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{X}{Y} \right) \right] \quad (1)$$

Em que:

Red. (%) = Redistribuição dos nutrientes em porcentagem;

$$X = \frac{\text{teor do nutriente em folhas senescentes (g kg}^{-1} \text{ ou Mg kg}^{-1})}{\text{teor de Ca em folhas senescentes (g kg}^{-1})} \quad (2)$$

$$Y = \frac{\text{teor do nutriente em folhas maduras (g kg}^{-1} \text{ ou Mg kg}^{-1})}{\text{teor de Ca em folhas maduras (g kg}^{-1})} \quad (3)$$

A diferença entre o teor dos nutrientes entre as estações foi testada pelo Teste t ao nível de 5% de probabilidade, para as folhas maduras e senescentes. Para verificar a correlação entre a redistribuição de nutrientes e a altitude das parcelas, os resultados obtidos para a redistribuição foram submetidos a análise de correlação de Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em ambos os tipos de folhas, maduras e senescentes, somente os teores de potássio diferiram entre as estações, sendo maior nas folhas coletadas no final do inverno (setembro de 2017). O nitrogênio foi o nutriente com a maior teor observável entre os demais nutrientes em ambas as estações nas folhas maduras. Por outro lado, para as folhas senescentes tanto o N quando o Ca, tiveram valores semelhantes durante o final do período chuvoso (setembro de 2017), e o N foi superior no final do período chuvoso.

Os valores nas folhas maduras enquadram-se na faixa nutricional considerada adequada para o desenvolvimento de espécies florestais (12 – 50 g kg⁻¹) (CANTARUTTI et al., 2007; MALAVOLTA et al., 1997; PREZOTTI et al., 2007). O P foi o nutriente com os menores teores em ambos estádios fenológicos, estando inclusive abaixo da faixa considerada adequada para o desenvolvimento das espécies, que é entre 2 e 5 g kg⁻¹ (FURLANI, 2004). O baixo teor de P é justificado pelo fato de ser um elemento pouco móvel nos solos tropicais e disponível em pequena quantidade, devido à baixa fertilidade desses solos. Assim, a espécie estudada necessita de mecanismos eficientes na utilização deste elemento para suprir as suas demandas fisiológicas.

Tabela 1. Teor médio dos nutrientes (g kg⁻¹) nas folhas maduras e senescentes da espécie *Myrcia splendens* em dois períodos, na Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Caparaó, ES

Folhas Maduras					
Estação	N g kg ⁻¹	P	K	Ca	Mg
set/17	22,6	0,82	16,04*	12,65	3,31
abr/18	19,29	0,95	10,64	10,58	3,19
Folhas Senescente					
Estação	N g kg ⁻¹	P	K	Ca	Mg
set/17	13,9	0,5	14,0*	13,8	2,3
abr/18	16,1	0,6	9,0	10,7	2,0

Nota: *Valores na coluna significativos pelo teste T (p<0,05).

Uma vez que não existiu diferença entre as estações para a maioria dos nutrientes, é observável que o estágio fenológico das folhas (maduras ou senescentes) foi o que mais influenciou no teor de nutrientes. Existiu uma redução nos teores de N, P, Mg, K das folhas maduras para as folhas senescentes. A redução do teor de N, P e K nas folhas fisiologicamente mais velhas (folhas senescentes) em detrimento das mais jovens (folhas maduras) é um indicativo

da ocorrência de sua redistribuição (SILVA, 2009; VIERA; SCHUMACHER, 2009) (Tabela 2). Contudo, nos teores de Ca, não foi possível observar essa redução, esse fato está relacionado a sua baixa mobilidade (imóvel) no interior de tecidos vegetais.

Tabela 2. Redistribuição dos nutrientes em percentagem (%) da espécie *Myrcia splendens* em dois períodos de coleta, na Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Caparaó, ES

Setembro/17						Abril/18				
Altitude (m)	N	P	K	Mg	S	N	P	K	Mg	S
	Redistribuição (%)									
1.112	48,1	69,3	45,5	47,0	47,1	32,9	46,7	36,5	32,7	44,7
1.219	33,5	46,4	28,8	9,9	42,0	21,5	33,2	40,5	39,8	37,1
1.302	15,5	21,8	32,9	-13,8	20,6	13,2	57,6	25,0	24,8	7,7
1.319	28,7	21,3	26,5	32,6	28,6	19,3	16,1	33,1	12,0	26,1
1.391	12,2	25,2	11,9	-23,9	11,8	32,9	47,9	30,7	16,0	26,3
1.420	29,3	28,4	9,5	17,9	23,9	39,2	42,3	42,5	27,0	48,2
1.550	33,8	22,8	23,9	17,8	28,2	28,0	57,8	21,6	11,0	30,1
Média	28,7	33,6	25,6	23,3	28,9	26,7	43,1	32,8	23,3	31,5

O N, P e K foram os nutrientes que apresentaram maiores percentagem de redistribuição na espécie estudada (Tabela 2). Dentre estes, destaca-se o P com os menores teores nas folhas, mas por outro lado, os mais elevados valores de redistribuição, o que sugere que este seja o nutriente de maior eficiência na sua ciclagem interna. Em contrapartida, o N tem uma menor eficiência, uma vez que apesar dos elevados teores nas folhas maduras, sua redistribuição não foi tão expressiva quanto à do P. O Mg foi o único nutriente que apresentou alguns valores negativos, o que indica que naquelas ocasiões pode não ter ocorrido redistribuição de nutrientes.

Somente foi possível observar correlação significativa para a redistribuição de K para a coleta realizada em setembro de 2017 com valor de -0,86. O que indica que quando maior a altitude, menor é a redistribuição de K (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação de Pearson da Altitude e a Redistribuição de nutrientes nas folhas da espécie *Myrcia splendens* entre as Época de coleta na Floresta Ombrófila Densa, Parque Nacional do Caparaó, ES

	Época	N	P	K	Mg
Altitude	set/17	-0,214	-0,429	-0,857*	-0,214
	abr/18	0,288	0,357	-0,321	-0,714

Nota: *Correlação de Spearman $\rho(rho)$ significativo ($p < 0,05$) pelo teste T de Student.

A correlação significativa do K durante o final do inverno, pode estar relacionada com a menor incidência de chuvas durante esta estação. Uma vez que K é um nutriente que fica na forma iônica no vegetal, a menor incidência de chuvas durante este período, reduz a sua lixiviação das folhas, principalmente nas áreas de maiores altitudes, que passam por chuvas constantes durante o verão, principalmente orográficas. Dessa forma, a redistribuição não pode ser considerada o único fator de transferência do K dos tecidos mais velhos para os mais novos, pois boa parte do K do tecido foliar é transferido diretamente para o solo por meio de lixiviação, uma vez que este nutriente não faz parte de compostos orgânicos e permanece como íon no interior da planta (BRINSON et al., 1980; STARR et al., 2014).

4. CONCLUSÃO

Com a inexistência de variação nos teores da maioria dos nutrientes entre as estações, pode-se concluir que para esta espécie, o maior fator causa para alterações nos teores de nutrientes das folhas é sua idade ou seu estágio fenológico. Conclui-se também que para o K, assim como em

outros estudos, a precipitação é o principal fator que influencia nos teores deste nutriente para as folhas. Assim como para os teores, a inexistência de correlações significativas para a maioria dos nutrientes, pode ser um indicativo que outros fatores podem ser responsáveis por controlar a redistribuição de nutrientes para a espécie em questão.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo financiamento do projeto (Número do Processo: 303363/2015-0). A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo pelo apoio de recursos financeiros (Processo Número: 73409286/2016; Termo de Outorga: 29/2016).

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 1-18, 2013.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RODRIGUES, L. M. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. (Acácia-negra). *Boletim de Pesquisa Florestal*, n.45, p. 69-88, 2002.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes. *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.
- CASTRO, K. C. **Ciclagem de nutrientes em diferentes condições edafoclimáticas em trecho de Floresta Ombrófila Densa**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. 2018.
- CASTRO, K. C. **Serapilheira e estoque de carbono ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Ombrófila Densa, no Parque Nacional do Caparaó, ES**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2014.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia de Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- GOLLEY, F. B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: Tropical forest ecosystems: structure and function. *Elsevier*, Amsterdam, p.137-156, 1983
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). **Plano de Manejo para o Parque Nacional do Caparaó**. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza. Doc. Tec. n. 8. Brasília, 1981. 139p. JORGE, J.A. Solo: manejo e adubação. Nobel, São Paulo, SP, v.2, n.2, p 293-307.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. p. 171-223.
- NEGI, J. D. S.; SHARMA, S. C. Mineral nutrition and resource conservation in *Eucalyptus* plantation and other forest covers in India. In: ATTWILL, P. M., ADAMS, M. A. (Ed.). **Nutrition of Eucalyptus**. Austrália: CSIRO. 1996. p. 399-416.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 305 p., 2007.

ROCHA, C.T.V.; CARVALHO, D.A.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; VAN DEN BERG, E.; MARQUES, J.J.G.S. Comunidade arbórea de um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 203-218, 2005.

SILVA, A. P. **Ciclagem de nutrientes na mata atlântica de baixada na APA da bacia do rio São João, RJ**: efeito do tamanho do fragmento. 2009. 127 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2009.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Ver. E ampl. - Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. il. (UFRGS. Boletim técnico; 5).

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e retranslocação de Nutrientes em Acículas de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 375-382, 2009.

Capítulo 32

ÁREA VERDE DO DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA – CAMPUS DE ALEGRE: INVENTÁRIO QUALI-QUANTITATIVO

*Joana Silva Costa¹, Larissa Gomes Rodrigues¹, Lucas José Teodoro Lobato¹,
Lunalda A. Vaz Pola¹*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: lucaslobato17@hotmail.com

Resumo: A cobertura vegetal possui importância significativa para a proteção do solo, além de vários outros fatores singulares que resguardam nossa fauna e flora. A adoção de métodos como inventário ajuda a conhecer os componentes florestais do local. Dessa forma, objetivou-se quantificar e identificar as árvores existentes no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, utilizando variáveis qualitativas e quantitativas, obedecendo ao critério de seleção de indivíduos arbóreos e arbustivos que apresentem altura superior a dois metros. As variáveis analisadas foram: espécie, altura total, altura da primeira bifurcação, diâmetro a altura do peito (DAP), fitossanidade, diâmetro da copa e qualidade da copa. A arborização apresentou, em geral, boa sanidade e qualidade de copa, indicando bom manejo, porém com pouca diversidade de espécies.

Palavras chave: Arborização Urbana; Diversidade; Planejamento; Universidade.

FOREST AND WOOD SCIENCE DEPARTMENT'S GREEN AREA - ALEGRE CAMPUS: QUALITATIVE AND QUANTITATIVE INVENTORY

Abstract: Vegetation cover has a significant importance to protect the soil, as well as several other unique factors that keep our fauna and flora safe. The adoption of methods such as inventory helps to know the forest components of the place. Thus, the objective was to quantify and identify the existing trees in the Department of Forestry and Wood Sciences, using qualitative and quantitative variables, obeying the selection criteria of tree and shrub individuals that present heights higher than two meters. The variables analyzed were: species, total height, first bifurcation height, diameter at breast height (DBH), plant health, crown diameter and crown quality. The afforestation, in general, presented good sanity and crown quality, indicating good management, however the species diversity were little.

Keywords: Urban afforestation; Diversity; Planning; University.

1. INTRODUÇÃO

O termo inventário dentro da Engenharia Florestal diz respeito à amostragem e mensuração de dados quali-quantitativos dos recursos florestais (SCOLFORO; MELLO, 1997). Esse serve de suporte para vários tipos de decisões administrativas, além de contribuir para áreas de trabalho, como o manejo, conservação de florestas e planejamento regional (TOMPPO et al., 2010). O intuito desse procedimento é conhecer o estoque de madeira de uma floresta e seu potencial produtivo, e também, desenvolver estudos de crescimento e estrutura de um local arborizado (SCOLFORO; MELLO, 1997).

O conhecimento dos componentes presentes numa floresta ou área arborizada a partir de um inventário pode garantir a manutenção desses recursos. Este é de suma importância para atividades ecológicas, como o sequestro de carbono, purificação do ar, manutenção do regime pluviométrico, e da temperatura (VIBRANS; GASPER; MÜLLER, 2012).

Áreas vegetadas contribuem para aspectos físicos e estéticos. O primeiro seria em função da reciclagem do ar, amenização da temperatura e luminosidade, e amortização do impacto da chuva, por exemplo. E o segundo está relacionado com o bem-estar do homem, minimizando o efeito de opressão causado pelas edificações (DANTAS; SOUZA, 2004).

Essas áreas nos campi das universidades brasileiras apresentam grande variedade florística, ou seja, riqueza de espécies. Porém, sua heterogeneidade é baixa, pois, concentra uma grande variedade de indivíduos dentro de uma mesma espécie. Isso demonstra a necessidade de um melhor planejamento para arborizar áreas de universidades, de modo que, as características e benefícios de cada espécie sejam mais bem explorados (BRIANEZI et al., 2013).

Devido à grande importância da cobertura vegetal no controle das atividades ecológicas. Objetivou-se identificar as árvores presentes no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, localizado no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCA/UFES), localizado na Av. Governador Lindemberg, nº 316, Centro, Jerônimo Monteiro – ES, latitude 20° 47' 23" S e longitude 41° 23' 19" W, como observado na Figura 1.

Figura 1. Localização da área de realização do estudo Departamento de Ciências Florestais e da Madeira

Fonte: Adaptado do Google Earth (2019).

O clima, de acordo com a classificação de Köppen, é caracterizado como Aw, ou seja, quente e úmido, sendo o inverno com menor precipitação que o verão (WORLD MAP OF KÖPPEN–GEIGER, 2000).

O inventário quali-quantitativo foi realizado com os indivíduos arbóreos e arbustivos de altura igual ou superior a dois metros. A coleta dos dados deu-se no mês de abril de 2019. As variáveis analisadas foram: espécie, altura total, altura da primeira bifurcação, diâmetro a altura do peito (DAP), fitossanidade, diâmetro da copa e qualidade da copa. A metodologia adotada foi adaptada de Emekwum (2016) baseada em Silva et al. (2007), em que as variáveis analisadas foram descritas como:

- Espécie: refere-se à identificação da espécie quanto ao nome popular, nome científico e família.
- Altura total: refere-se à altura da superfície do solo até as últimas folhas da copa e será medida com clinômetro eletrônico Haglöf II. As medidas foram agrupadas em classes (2 a 5 m, 5,1 a 10 m, 10,1 a 15 m e >15 m).
- Altura da primeira bifurcação: compreende a altura da superfície até a primeira ramificação. Foram adotadas quatro classes (ausente, <1,80 m, 1,80 a 2,10 m e >2,10 m).
- Diâmetro a altura do peito (DAP): diâmetro medido a 1,30 m de altura. As classes adotadas foram ≤ 15 cm, 15,1 a 30 cm, 30,1 a 45 cm e >45 cm.
- Fitossanidade: consiste na avaliação do aspecto físico do indivíduo. A classificação foi realizada como boa: quando não há danos mecânicos, ataque de pragas e doenças; regular: quando há pequenos danos e ataques; ruim: quando há danos e ataques severos.
- Diâmetro médio da copa: é medido por meio da projeção da copa sobre o solo na direção longitudinal ao passeio. As classes adotadas são < 4m, 4 a 6m, 6 a 8m, 8 a 11m e >11m.
- Qualidade da copa: condição da composição foliar da planta. Classificada em boa: quando apresenta copa bem formada; regular: quando apresenta déficit no estrato foliar; ruim: quando há severos danos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o levantamento quantitativo foram encontrados 136 indivíduos, sendo que 85 são exóticas, 42 nativas e nove espécies não foram possíveis classificar por falta de identificação. Do total de indivíduos sete não foram classificados a nível de espécies, família ou origem. De acordo com a Figura 2, tem-se uma predominância de espécies exóticas na composição arbórea do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, o que corrobora para a falta de planejamento, que deve priorizar as árvores nativas para evitar problemas como perda de biodiversidade e modificações nos ciclos naturais da região, porém não se deve também excluir totalmente as espécies exóticas (FERRAZ, 2012).

Figura 2. Porcentagem de espécies exóticas e nativas encontradas na análise

Fonte: Autores (2020).

A distribuição regular das famílias é evidenciada pela Figura 3, sendo mais encontradas espécies pertencentes à família Bignoniaceae, o que deixa implícito a falta de um planejamento para implantação desses indivíduos, assim como é apontado por Ferraz (2012). É importante salientar que a espécie mais identificada foi a *Tabebuia pentaphylla* (L.) Hemsl., que pertence a família mencionada anteriormente.

Figura 3. Classificação dos indivíduos encontrados em função de suas respectivas famílias.

Fonte: Autores (2020).

A respeito das análises qualitativas, tem-se que as árvores encontradas possuem, majoritariamente, altura total entre dois a cinco metros, altura da primeira bifurcação menor que 1,80 m, diâmetro a altura do peito menor que 15 cm, fitossanidade boa, diâmetro médio da copa entre 4 e 6 m, e qualidade da copa boa.

A Figura 4 separa as árvores identificadas em suas respectivas classes de altura, predominam-se indivíduos com altura entre 2 a 5m, sendo eles de médio porte. Isso pode ser resposta da má qualidade da muda, falta de adaptação com o ambiente, pouca idade da planta e tipo de poda aplicado (PATRICIO, 2017).

Figura 4. Classificação dos indivíduos quanto sua altura.

Fonte: Autores (2020).

Segundo os números apresentados na Figura 5, a altura da primeira bifurcação foi organizada em quatro classes com predominância de árvores com essa característica menor que 1,80m.

Esses resultados demonstram um manejo inadequado das plantas, pois segundo Biondi (2011) indivíduos arbóreos localizados em regiões com passagem rotineira de pessoas devem apresentar altura da primeira bifurcação maior que 1,80m para evitar transtornos aos pedestres e gasto exagerado com podas.

Figura 3. Classificação dos indivíduos segundo altura da 1ª bifurcação.

Fonte: Autores (2020).

As árvores encontradas no inventário possuem majoritariamente DAP abaixo de 15cm como demonstrado na Figura 6, o que pode estar relacionado com a idade das árvores, as quais devem ser mais jovens, ou seja, provavelmente foram plantadas mais recentemente (PATRICIO, 2017). É descartada a hipótese de falta de crescimento em diâmetro por ausência de espaço, pois nesse local as árvores são plantadas com uma distância considerável uma da outra.

Figura 6. Classificação dos indivíduos segundo a variável DAP (diâmetro a altura do peito).

Fonte: Autores (2020).

Um fator importante a ser considerado é a fitossanidade dos indivíduos em questão, os valores encontrados para essa característica, mostrados na Figura 7, foram satisfatórios, demonstrando um maior número de plantas saudáveis. Brianezi et al. (2013) corrobora em seu estudo a

importância de se ter árvores com boa saúde na arborização urbana.

Outro resultado positivo encontrado consiste na predominância de árvores com boa qualidade de copa, como visto na Figura 7. Isso deve ser explicado pelo fato do local não possuir fios elétricos ou construções muito próximas as árvores que exijam podas drásticas, que prejudicariam a arquitetura original da planta, agrediriam sua integridade e deixariam ela exposta a fatores externos do ambiente (MARTINS et al., 2010).

Figura 4. Classificação dos indivíduos encontrados na análise quanto à fitossanidade e qualidade da copa.

Fonte: Autores (2020).

Na Figura 8 tem-se a maior representatividade de indivíduos com diâmetro de copa entre 4 e 6 m. Esse atributo só influencia no sombreamento oferecido pela árvore calculado de acordo com o tamanho de sua copa, geralmente, quanto maior a copa maior o sombreamento, algumas alterações ocorrem por causa da variação das características das espécies (PATRICIO, 2017).

Figura 5. Classificação da copa dos indivíduos levantados quanto ao diâmetro.

Fonte: Autores (2020).

4. CONCLUSÃO

A arborização do campus da Universidade Federal do Espírito Santo em Jerônimo Monteiro é composta em sua maioria por árvores jovens, saudáveis e com formato de copa na maioria das vezes natural, demonstrando um bom manejo e proporcionando um sombreamento adequado, apesar de não ter sido realizado um planejamento correto e detalhado.

REFERÊNCIAS

- BIONDI, D. Introdução de espécies na arborização de ruas. In: BIONDI, Daniela; LIMA NETO, Everaldo Marques de. **Pesquisa em Arborização de Ruas**. Curitiba, PR: Daniela Biondi, 2011. Cap. 1. p. 9-28.
- BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A. G; GONÇALVEZ, W.; ROCHA, S. J. S. S. da. Avaliação da Arborização no Campus-Sede da Universidade Federal de Viçosa. **REVSBAU**, Piracicaba-SP, v. 8, n. 4, p. 89-106, 2013.
- DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande – PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra** – Universidade da Paraíba, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 1-18, 2004.
- EMENEKWUM, V. K. **Arborização urbana no campus de Alegre – UFES: Inventário quali-quantitativo e influência no conforto térmico**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.
- FERRAZ, M. V. Inventário das árvores urbanas da cidade de Registro-SP. **Revsbau**, Piracicaba – SP, v. 7, n. 2, v. 80-88, 2012.
- MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. de; ANGELIS, B. L. D. de. Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana – Paraná. **Revsbau**, Piracicaba – SP, v. 5, n. 4, p. 141-155, 2010.

PATRICIO, P. P. M. **Florística e diagnóstico da arborização da Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. 344p.

SILVA, A. G., GONÇALVES, W.; PAIVA, H. N. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2007. 346p.

TOMPPÖ, E., GSCHWANTNER, T., LAWRENCE, M., Mc ROBERTS, R. E. National Forest Inventories. **Pathway for Common Reporting**. Heidelberg: Springer. 2010. 607 p.

VIBRANS, A. C.; GASPER, A. L.; MÜLLER, J. J. V. Para que inventariar florestas? Reflexões sobre a finalidade do inventário florístico florestal de Santa Catarina. **Estudos Ambientais**, Blumenau, v. 14, n. 1, p. 6-13, 2012.

WORLD MAP OF KÖPPEN – GEIGER CLIMATE CLASSIFICATION MAIN CLIMATES. p. 2000, 2000. Disponível em: <http://koeppen-geiger.vuwien.ac.at/present.htm>. Acesso em: 01 abr. 2019.

Capítulo 33

CARACTERIZAÇÃO DOS FRUTOS E DAS SÍNDROMES DE DISPERSÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS DA CAATINGA

Alexandro Dias Martins Vasconcelos¹, Elbya Leão Gibson²,
Rosivânia Gerônimo de Lucena³, Gabriela Gomes Ramos³,
Géssica dos Santos Vasconcelos³, Jacob Silva Souto⁴

¹ Doutorado em Ciências Florestais, Universidade de Brasília (UnB), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil

⁴ Prof. Dr. Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil

Autor correspondente: elbyagibson@hotmail.com

Resumo: As variações nos atributos funcionais como síndrome e unidade de dispersão, tipo de fruto, sua consistência, deiscência e regime de renovação foliar podem apresentar informações ecológicas importantes ocorrentes nas formações florestais quanto ao processo de sucessão ecológica. Assim, objetivou-se neste estudo descrever os atributos funcionais de espécies arbóreas em um fragmento de Caatinga. A pesquisa foi realizada no município de Várzea – PB, microrregião do Seridó Ocidental, Sertão Paraibano, em área de domínio do bioma Caatinga. Foram amostrados indivíduos adultos saudáveis e identificados para cada espécie e, nesta individualidade, foram determinados os atributos funcionais supracitados. As espécies foram: *Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum leprosum*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* e *Mimosa tenuiflora*. Foram constatadas as síndromes de dispersão anemocórica e autocórica; tipos de fruto: cápsula, legume e sâmara, todas apresentando frutos secos com predominância deiscentes com unidade de dispersão via semente.

Palavras chave: Estratégias ecológicas, fenologia, florestas secas.

FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF CAATINGA ARBOREAL SPECIES

Abstract: Variations in functional attributes such as syndrome and dispersal unit, fruit type, consistency, dehiscence and leaf renewal regime may present important ecological information occurring in forest formations regarding the process of ecological succession. Thus, the objective of this study was to describe the functional attributes of tree species in a Caatinga fragment. The research was carried out in the municipality of Várzea - PB, microregion of the Western Seridó, Sertão Paraibano, in a Caatinga biome domain area. Healthy adult individuals were identified and identified for each species and, in this individuality, the aforementioned functional attributes were determined. The species were: *Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum leprosum*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* and *Mimosa tenuiflora*. Anemochoric and autochoric dispersion syndromes were found; fruit types: capsule, vegetable and samara, all with predominantly dehiscent dried fruits with seed dispersal unit.

Keywords: Ecological strategies, phenology, dry forest.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga constitui o único bioma exclusivamente brasileiro, com a biota mais diversa do que qualquer outro bioma no planeta, expostos às mesmas condições de clima e de solo, pois possui elevada biodiversidade e endemismos, bastante heterogênea, com uma cobertura vegetal representada por diferentes formações xerófilas por razões climáticas, edáficas, topográficas e antrópicas. Esses fatores contribuem para aspectos morfológicos, fisiológicos e funcionais essenciais para sua sobrevivência (TROVÃO et al., 2007; PEREIRA JUNIOR; ANDRADE; ARAÚJO, 2012); (CAMPANHA; HOLANDA JÚNIOR, 2006).

Pesquisas voltadas para preservação e manutenção das florestas relacionados às características morfofuncionais das espécies arbóreas tem sido cada vez mais realizadas, o que permite evidenciar as condições de adaptação das espécies frente heterogeneidade do ecossistema, proporcionando maiores informações com relação variabilidade dos recursos das condições ambientais, como elas se desenvolvem e a sua influência na funcionalidade dos ecossistemas (CORNELISSEN et al., 2003; MATTOS et al., 2004; WEBB et al., 2010).

Nesta concepção, estudos relacionados com as características funcionais como regime de renovação foliar, síndrome e unidade de dispersão, tipo de fruto, sua consistência e deiscência podem apresentar informações ecológicas importantes ocorrentes nas formações florestais quanto ao processo de estabelecimento das espécies.

Assim, os atributos funcionais são características dos organismos que provocam influência no desenvolvimento e que pode comprometer a sobrevivência das espécies (VIOLE et al., 2007). Pérez et. al., (2013) enfatizam que atributos funcionais são quaisquer traços morfológicos, fenológicos e/ou fisiológicos a nível celular ou mesmo de organismo, que podem afetar a capacidade de uma planta e definir como ela interage no ambiente, afetando outros níveis tróficos

Cianciaruso et al., (2013) abordaram outro aspecto importante a ser considerado em estudos sobre atributos funcionais das espécies vegetais com relação à diversidade funcional, pois esta proporciona um parâmetro importante para a conservação dos ecossistemas, de acordo com a integridade funcional das espécies e sua importância para o todo. Dessa forma, é de suma importância estudos sobre as características ecológicas da Caatinga, uma vez que além dos problemas ambientais naturais, a mesma sofre grande perturbação antrópicas e, esses estudos, podem proporcionar subsídios para o manejo e conservação do bioma.

Diante disso, objetivou-se neste estudo descrever os atributos funcionais de espécies arbóreas da Caatinga.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada no fim do mês de junho de 2018, na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, município de Várzea – PB, microrregião do Seridó Ocidental, Sertão Paraibano, em área de domínio do bioma Caatinga, situada entre as coordenadas 06° 48' 35" S e 36° 57' 15" W, com Altitude média correspondente a 271 m. O clima da região de estudo é caracterizado como semiárido do tipo BSh' (quente e seco) segundo a classificação de Köppen, e médias pluviométricas anuais entre 400 e 600 mm, com período seco de nove a dez meses e temperaturas médias maiores que 18 °C em todos os meses do ano; médias das máximas em torno dos 33 °C e das mínimas de 22 °C (IBGE, 2002).

Os solos são provenientes de origem cristalina, sendo rasos, pedregosos e de elevada suscetibilidade à erosão, prevalecendo a associação de Neossolos Litólicos, Luvisolos e Afloramentos Rochosos (SILVA, 2014).

2.2 Coleta de dados

Para a caracterização dos atributos funcionais, foram consideradas cinco espécies lenhosas de ocorrência nos estágios sucessionais primário e secundário na área, conforme Alencar (2014). As espécies estudadas foram: *Aspidosperma pyrifolium*, *Combretum leprosum*, *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* e *Mimosa tenuiflora*.

2.3 Análise

Identificou-se *in loco*, para cada espécie, indivíduos adultos e saudáveis, determinando-se os seguintes atributos funcionais: regime de renovação foliar; a síndrome e unidade de dispersão: coletaram-se frutos e/ou sementes jovens e maduros das espécies, determinadas por meio de observações em campo e revisão de literatura, sendo classificadas de acordo com Van der Pijl (1982) como anemocórica, zoocórica ou autocóricas. Para consistência do fruto analisou-se como seco ou carnoso e a unidade de dispersão como fruto ou semente. Quanto ao tipo do fruto seguiu-se a classificação com consultas a Gonçalves & Lorenzi (2007) e Souza & Lorenzi (2012). Os frutos/ sementes foram classificados com deiscentes ou indeiscentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 evidencia os resultados da observação em campo, apresentando as informações obtidas sobre a síndrome e unidade de dispersão, tipo de fruto, consistência e deiscência do fruto.

Tabela 1. Lista das cinco espécies estudadas no fragmento na Caatinga. Síndrome de dispersão (SD); Tipo de fruto (TF); Consistência do fruto (CF); Unidade de Dispersão (UD); Deiscência do fruto (DF)

Espécie	SD	TF	CF	UD	DF
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Ane	Cap	FS	S	D
<i>Combretum leprosum</i>	Ane	Sam	FS	F	I
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	Aut	Cap	FS	S	D
<i>Croton blanchetianus</i>	Aut	Cap	FS	S	D
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Aut	Leg	FS	S	D

Nota: Anemocoria (Ane); Autocoria (Aut); Cápsula (Cap); Legume (Leg); Sâmara (Sam); Fruto Seco (FS); Fruto Carnoso (FC); Semente (S) e Fruto (F); Deiscente (D) e Indeiscente (I).

A maioria das espécies apresentaram unidade de dispersão via semente, todas com a consistência do fruto seco. A espécie *Combretum leprosum*, possui dispersão pelo fruto, que segundo Silva et al. (2013), a mesma possui uma estrutura alada do tipo sâmara que garante a sua planação.

Griz e Machado (2001) relatam que em trabalhos realizados na Caatinga sobre síndrome de dispersão, as formas mais representativas são anemocoria e autocoria. Segundo Lima (2007), isso ocorre na Caatinga devido a existência acentuada da sazonalidade dos eventos fenológicos e, portanto, o predomínio de espécies com estas síndromes.

A síndrome anemocórica ocorre nas espécies *Aspidosperma pyrifolium* e *Combretum leprosum* e a autocoria ocorre nas espécies de *Cnidoscolus quercifolius*, *Croton blanchetianus* e *Poincianella pyramidalis*, *Luetzelburgia auriculata* e *Mimosa tenuiflora* por meio de mecanismos da própria planta através da explosão do fruto e expulsão da semente, que lançam à distância as sementes achatadas, dessa forma a síndrome favorece também, a dispersão a longas distâncias e o estabelecimento do banco de sementes no solo.

As síndromes representam as características de um processo importante para conservação dos ecossistemas, pois a dispersão é mudança do fruto ou semente do local onde foi produzido até outro local onde ocorrerá o processo de germinação e estabelecimento (VAN DER PIJL, 1982; HAY & MOREIRA, 1992). Assim, a dispersão possui função fundamental na restauração ecológica, na chegada de propágulos, bem como na formação do banco de sementes do solo (CHAZDON, 2016).

A dispersão é um fator chave na restauração ecológica (ALBUQUERQUE ET AL., 2013; SILVA ET AL., 2016; KUHLMANN & RIBEIRO, 2016). A chegada de sementes de fontes próximas através de agentes dispersores pode contribuir de forma significativa para a colonização e por consequência acelerar o processo de restauração ecológica (DE LA PEÑA-DOMENE ET AL., 2014).

Em áreas abertas como as de Caatinga em estágio primário de sucessão, a dispersão anemocórica é muito importante pois permite uma maior dispersão (em distância) das suas espécies, logo, acredita-se que por isso esta síndrome de dispersão está presente nesta área, representando uma estratégia de sobrevivência e perpetuação da regeneração nesse ambiente.

A intensidade de cada síndrome de dispersão pode variar de uma área para outra, dependendo do grau de conservação, do estágio de sucessão, da umidade do ambiente e da estrutura vertical da vegetação (FERREIRA, 2013). Vieira e Scariot (2006) afirmam que a síndrome de dispersão do tipo anemocórica é mais frequente em florestas secas, sobretudo no início do processo de sucessão ecológica.

A autocoria torna-se um mecanismo importante em áreas com mudança de estágio de sucessão ou dentro de processo de recuperação, pois podem possibilitar maior capacidade de emergência de indivíduos em locais próximos da área a ser recuperada. Isso pode garantir uma maior conservação do banco de sementes no solo, que favorece a perpetuação da espécie, ou que podem emergir novamente até próximo estágio de sucessão, ou se manterem dormentes até o surgimento de clareiras, emergindo e assim iniciando um novo ciclo.

Houve um predomínio das espécies deiscentes, o que garante a abertura do fruto quando maduros para a liberação das sementes. Apenas a espécie *Combretum leprosum* apresentou o fruto indeiscente (que não se abre após maduro).

As espécies apresentam tipos variados de frutos, sendo as espécies *Cnidocolus quercifolius*, *Croton blanchetianus*, *Aspidosperma pyrifolium* do tipo cápsula; *Luetzelburgia auriculata* e *Combretum leprosum* do tipo sâmara; e *Poincianella pyramidalis*, *Mimosa tenuiflora* do tipo legume. Todas as espécies apresentam frutos secos.

O fruto seco pode estar relacionado diretamente à disponibilidade de água necessária no período da germinação. Ferreira (2013) ressalta que o fruto seco constitui uma ferramenta importante para o estabelecimento e desenvolvimento da planta em ambientes com deficiência hídrica.

Em relação ao regime de renovação foliar as espécies estudadas são caracterizadas como caducifólias, perdendo completamente as folhas durante a estação seca. O regime de renovação foliar é fortemente influenciado pela pluviosidade da região, na qual Amorim et al. (2009) identificaram a formação de folhas entre os meses de fevereiro a abril para as cinco espécies, no auge do período chuvoso, entre os meses de janeiro a maio. Entretanto, a caducifolia dessas espécies varia de acordo com a necessidade de água de cada uma. No caso das espécies estudadas, todas apresentam deciduidade no período seco do ano.

4. CONCLUSÃO

Os atributos ecológicos funcionais identificados são representados por espécies de frutos variados, dos tipos cápsula, legume e sâmara, secos. As síndromes de dispersão presentes das espécies estudadas foram anemocoria e autocoria. Houve um predomínio das espécies deiscentes e caracterizadas como caducifólias quanto ao regime de renovação foliar.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, L. B., AQUINO, F. G., COSTA, L. C., MIRANDA, Z. J., & SOUSA, S. R. (2013). Espécies de Melastomataceae Juss. com potencial para restauração ecológica em mata ripária no Cerrado. **Polibotânica**, 35, 1-19
- ALENCAR, Lyanne dos Santos. **Fitossociologia e levantamento dos estratos herbáceo e arbóreo em estágios sucessionais no núcleo de desertificação do Seridó**. 2014. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2014. 60 p.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Fenologia de espécies lenhosas da Caatinga do Seridó, RN. **R. Árvore**, v.33, n.3, p.491-499, 2009.
- CAMPANHA, M. M.; HOLANDA JÚNIOR, E. V. **Sistemas agrossilvipastoris – uma alternativa para criação de caprinos em comunidades tradicionais do sertão baiano do São Francisco**. 2006.
- CHAZDON, R. L. (2016). **Renascimento de florestas: regeneração na era do desmatamento**. São Paulo: Oficina de Textos.
- CIANCIARUSO, M. V., SILVA, I. A., MANICA, L. T. & SOUZA, J. P. 2013. Leaf habit does not predict leaf functional traits in cerrado Woody species. **Basic and Applied Ecology**, Jena 14: 404-412.
- CORNELISSEN, J. H. C. et al. Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 51, n. 4, p. 335-380, 2003.
- DE LA PEÑA-DOMENE M., MARTÍNEZ-GARZA, C., PALMAS-PÉREZ, S., RIVAS-ALONSO, E., HOWE, H. F. (2014). Roles of Birds and Bats in Early Tropical-Forest Restoration. **PLoS ONE** 9(8): e104656. doi.org/10.1371/journal.pone.0104656
- FERREIRA, K. C. S. **Diversidade, estrutura e dispersão de espécies arbóreas e arbustivas em área de caatinga no município de Malta, PB**. 2013. 93 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). CSTR/UFCG, Patos – PB. 2013.
- GONÇALVES, E.G. & LORENZI, H. 2007. Morfologia vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia das plantas vasculares. **Plantarum**, Nova Odessa, 416 p.
- GRIZ, I. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in Caatinga, a tropical dry forest in the Northeast of Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. v.17, p. 303-321, 2001.
- HAY, J. D. V., & MOREIRA, A. G. (1992). **Biologia Reprodutiva**. Em B. F. Dias, **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis** (1ª ed., pp. 42-45). Brasília: Fundação Pró-Natureza - FUNATURA.
- IBGE. Mapa de clima do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 1 mapa. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais>. Acesso em: 10 de maio de 2019.
- KUHLMANN, M., & RIBEIRO, J. F. (2016). Evolution of seed dispersal in the Cerrado biome: Ecological and phylogenetic considerations. **Acta Botanica Brasilica**, 30, 495-507. doi:10.1590/0102-33062015abb0331.
- MATTOS, E. A. et al. Variação espacial e temporal em parâmetros fisioecológicos de plantas. In: ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. **Pesquisas de longa duração de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação**. São Carlos: RiMa, 2004. p. 99-116.

NAEEM, S. Biodiversity and ecosystem functioning in restored ecosystems: extracting principles for a synthetic perspective. In: FALK, D.A.; PALMER, M.A.; ZEDLER, J.B. **Foundations of restoration ecology**. Washington: Island Press, 2006. Cap. 10, p. 210-237.

PEREIRA JÚNIOR, L.P.; ANDRADE, AP.; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de Caatinga em Monteiro, PB. **HOLOS**, vol. 6, 2012, pp. 73-87.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., DÍAZ, S., GARNIER, E., LAVOREL, S., POORTER, H., JAUREGUIBERRY, P., BRET-HARTE, M. S., CORNWELL, CRAINE, W. K., J. M., GURVICH, D. E., URCELAY, C., VENEKLAAS, E. J., REICH, P. B., POORTER, L., WRIGHT, I. J., RAY, P., ENRICO, L., PAUSAS, J. G., DE VOS, A. C., BUCHMANN, N., FUNES, G., QUÉTIER, F., HODGSON, J. G., THOMPSON, K., MORGAN, H.D., TERSTEEGE, H., VANDERHEIJDEN, M.G.A., SACK, L., BLONDER, B., POSCHLOD, P., VAIERETTI, M. V., CONTI, G., STAYER, A. C., AQUINO, S. & CORNELISSEN, J. H. C. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide, **Australian Journal of Botany**, v. 61:167–234.

SILVA, A. C. C.; PRATA, A. P. N.; MELLO, A. A.; SANTOS, A. C. A. S. Síndromes de dispersão de Angiospermas em uma Unidade de Conservação na Caatinga, SE, Brasil. **Hoeheia**, v. 40, n. 4, p. 601-609, 2013.

SILVA, A.C.F.; **Produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira e repartição da precipitação pluviométrica por espécies da caatinga**, 2014. 62 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). UFRN, Macaíba– RN. 2014.

SILVA, E. P., FIGUEIREDO, F. G., FERNANDES, S. S., & PEREIRA, Z. V. (2016). Evaluation of the potential of seed rain as an alternative for forest restoration in permanent preservation areas. **Revista Árvore**, 40, 21-28. doi:10.1590/0100-67622016000100003.

SOUZA, VINICIUS CASTRO; LORENZI, HARRI. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. [S.l: s.n.], 2012.

TROVÃO, D. M. B. M. et al. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 307–311, 2007.

VAN DER PIJL, L. (1982). **Principles of Dispersal in Higher Plants** (3ª ed.). Berlin: SpringerVerlag.

VIEIRA, D. L. M.; SCARIOT, A. Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. **Restoration Ecology**, v. 14, n. 1, p. 11–20, 2006.

VIOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional. **Oikos**, Copenhagen, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

WEBB, C. T. et al. A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. **Ecology Letters**, Montpellier, v. 13, n. 3, p. 267-283, 2010.

ZIMMERMAN, J. K., PASCARELLA, J. B., & AIDE, J. M. (2000). Barriers to Forest Regeneration in an Abandoned Pasture in Puerto Rico. **Restoration Ecology**, 8(4), 350-360.

Capítulo 34

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze EM FUNÇÃO DO VOLUME DO RECIPIENTE EMPREGADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS

Henrique Capucho Justiniano dos Santos¹, Tânia Fontana dias¹,
José Ricardo Macedo Pezzopane², Fábio Ribeiro Pires¹.

¹Centro Universitário Norte do Espírito Santo (Ceunes), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

²Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos SP, Brasil

Autor correspondente: capucho.h@gmail.com

Resumo: A *Cariniana estrellensis* é uma espécie presente em florestas secundárias, sendo espécie importante na restauração florestal, principalmente de matas ciliares. Desta forma, objetivou-se avaliar a influência de diferentes volumes de recipientes no desenvolvimento de mudas de *C. estrellensis*. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, compostos por recipientes de capacidade volumétrica de 53, 115, 180, 280 e 560 cm³. Avaliaram-se parâmetros biométricos e índices que indicam a qualidade das mudas. As maiores médias foram obtidas para o recipiente de 560 cm³, porém, a biomassa seca radicular e o índice de qualidade de Dickson foram melhores para o tubete de 280 cm³, devido ao enovelamento, dobra e estrangulamento nas raízes das mudas produzidas no saco plástico. Recomenda-se a utilização do recipiente de 280 cm³ pois apresentou melhor qualidade de muda.

Palavras chave: Espécie nativa, produção de mudas, tubete, Mata Atlântica.

Cariniana estrellensis (Raddi) Kuntze (JEQUITIBÁ BRANCO) INITIAL DEVELOPMENT AS A RESULT OF THE VOLUME OF THE CONTAINER EMPLOYED IN SEEDLING PRODUCTION

Abstract: *Cariniana estrellensis* is a species present in secondary forests, being an important species for forest restoration, mainly the riparian forests. Therefore, the objective of this study was to evaluate the influence of different volumes of containers on the development of *C. estrellensis* seedlings. The experimental design was randomized blocks, with four repetitions and five treatments, consisting of containers with volumetric capacity of 115, 180, 280 and 560 cm³. Biometric parameters and indices indicating seedling quality were evaluated. The highest averages were obtained for the 560 cm³ container, but root dry biomass and Dickson quality index were better for the 280 cm³ tube, due to the folding, bending and strangulation of the roots of the seedlings produced in the plastic bag. It is recommended to use the 280 cm³ container since it showed better quality of seedling.

Keywords: Native species, seedling production, tube, Atlantic Forest.

1. INTRODUÇÃO

O jequitibá branco (*Cariniana estrellensis* Raddi) é pertencente à família *Lecythidaceae* e ocorre em alguns países da América do Sul como o Brasil, no qual possui distribuição em grande parte do território brasileiro. É uma espécie indicada para restauração florestal e ocorre em solo de baixa fertilidade, porém seu melhor desenvolvimento é em solos profundos e férteis (CARVALHO, 2003).

Devido ao potencial uso desta espécie para restauração da mata ciliar (DURIGAN e NOGUEIRA, 1990), o estudo do comportamento desta espécie em viveiro é muito importante, visto que fatores como o volume do recipiente em que a muda será produzida é determinante no desempenho futuro a campo. O volume do recipiente ainda tem influência direta no custo da muda produzida em viveiros florestais, assim como gastos com transporte, aclimação e demanda de água para irrigação (QUEIROZ e MELEM Junior., 2001).

Diante da necessidade de mudas de qualidade e da crescente demanda por espécies florestais destinadas ao reflorestamento que facilitem o reestabelecimento da fauna e da flora (FERNANDES et al., 2000), objetivou-se definir o volume do recipiente adequado para a produção de mudas de jequitibá branco (*C. estrellensis*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em viveiro na região litorânea do extremo sul da Bahia. O clima da região classificado de acordo com Köppen é do tipo “Af” clima quente, onde o mês mais frio atinge temperatura superior a 18°C e o mês mais seco tem precipitação igual ou superior a 60 mm. A temperatura média anual em geral ultrapassa os 26°C (EMBRAPA, 2000). Esta região, segundo Carvalho (2003), está inserida no bioma Mata Atlântica e comporta vegetação típica de Floresta Ombrófila Densa.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, sendo os tratamentos compostos por cinco volumes de recipientes (tubetes de 53, 115, 180 e 280 cm³ e saco plástico de 560 cm³), dispostos em quatro blocos, nos quais cultivou-se a espécie de *C. estrellensis*. Cada bloco representou uma repetição, onde o número de unidades experimentais por bloco é igual ao número de tratamentos e as parcelas, constituídas por 54 plantas, foram instaladas de maneira homogênea e casualizadas dentro de cada bloco.

Os recipientes utilizados foram os de uso comum na produção comercial de mudas de espécies florestais nativas, compreendendo os tubetes e sacolas de polipropileno (FARIAS et al., 2005). As sementes utilizadas na produção das mudas foram coletadas de acordo com o período de frutificação e maturação das espécies. As árvores matrizes utilizadas para a obtenção das sementes estão localizadas nos remanescentes da Mata Tropical Atlântica, da região litorânea do extremo sul da Bahia.

Os parâmetros biométricos avaliados foram altura da parte aérea e diâmetro de coleto, que foram avaliados aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após a repicagem. Cento e cinquenta dias após a repicagem também foram avaliadas biomassa seca da parte aérea e radicular.

A partir dos valores de biomassa seca aérea e radicular, obteve-se a biomassa seca total (BST), resultante da soma da biomassa aérea com a radicular, e, ainda, relação biomassa seca aérea e biomassa seca radicular (BSA/BSR).

Para os parâmetros biométricos, calculou-se a razão entre a altura da parte aérea e diâmetro de coleto (H/DC). De posse da relação dos valores morfológicos acima descritos, determinou-se o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960), obtido pela relação da biomassa seca total (BST) com a soma das relações entre os parâmetros altura (H) e diâmetro de coleto (DC), além da relação biomassa seca aérea (BSA) com biomassa seca radicular (BSR).

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F a 1 % e 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os resultados de volume de recipiente foi observado interferência em relação ao crescimento das mudas de *C. estrellensis*, ocorrendo diferenciação estatística entre as médias dos tratamentos (Tabela 1). Somente para os valores de altura aos 30 dias e a relação diâmetro de coleto, aos 60 dias, não houve diferença estatística entre todos os tratamentos. Os tubetes de 115 e 180 cm³ apresentaram semelhança estatística na maior parte dos períodos de avaliação para as médias de altura, diâmetro e relação altura/diâmetro do coleto.

As mudas produzidas nos tubetes de 180 cm³ e 280 cm³ e saco de 560 cm³, avaliadas aos 30 e 60 dias, para as medidas de altura, diâmetro de coleto e a relação altura/diâmetro do coleto, não diferiram. O mesmo ocorreu entre as médias do tubete de 280 cm³ e de recipiente 560 cm³, quando avaliado aos 90 e 120 dias, para o diâmetro de coleto.

Já aos 150 dias, observou-se tendência das maiores médias para altura, diâmetro do coleto e relação altura/diâmetro para o saco de 560 cm³. Porém, para os tubetes de 53, 115 e 180 cm³ as médias de altura e relação altura/diâmetro do coleto foram semelhantes, sendo a menor média observada para o tubete de 53 cm³ (Tabela 1).

Tabela 1. Altura (H), diâmetro de coleto (DC) e relação altura/diâmetro de coleto (H/DC), das mudas de *Cariniana estrellensis* em função dos volumes de recipientes, ao longo de seu crescimento em viveiro

Parâmetros Biométricos	Volume de recipiente (cm ³)					Anova	
	53	115	180	280	560	Fc(5%)	CV%
30 dias							
H (cm)	6,19	6,26	6,01	5,98	6,36	1,15	4,92
DC (mm)	2,00b	2,09ab	2,17a	2,14a	2,13ab	4,95**	2,73
H/DC	3,09a	2,99ab	2,78b	2,79b	2,99ab	5,19**	4,13
60 dias							
H (cm)	8,72b	9,01ab	9,23ab	10,26ab	10,49a	4,86**	7,44
DC (mm)	2,61b	2,86a	2,93a	3,02a	3,04a	12,05**	3,43
H/DC	3,34	3,16	3,15	3,39	3,45	2,75	5,03
90 dias							
H (cm)	13,08d	15,77cd	16,51c	22,77b	26,82a	71,38**	7,02
DC (mm)	3,43d	3,80c	4,12bc	4,49a	4,26ab	29,07**	3,79
H/DC	3,81c	4,16c	4,01c	5,08b	6,30a	33,02**	7,71
120 dias							
H (cm)	16,38d	22,66c	22,11c	29,81b	38,49a	128,77**	5,79
DC (mm)	3,99c	4,30c	4,92b	5,18ab	5,52a	54,15**	3,58
H/DC	4,09c	5,28b	4,50c	5,75b	6,98a	70,14**	5,09
150 dias							
H (cm)	23,48c	27,05c	27,48c	36,98b	53,33a	68,10**	8,70
DC (mm)	4,43e	4,97d	5,61c	6,20b	6,68a	146,8**	2,69
H/DC	5,30bc	5,44bc	4,90c	5,97b	7,98a	27,35**	7,84

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Em estudos realizados Ferraz e Engel (2011), avaliando o efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de espécies florestais, obtiveram mudas com diâmetro semelhantes às

encontradas no presente estudo, sendo que as maiores médias foram obtidas nos maiores recipientes. Do mesmo modo, Gomes et al. (2003), quando estudou o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização com N-P-K, observaram maiores médias para altura nos recipientes de maior volume, os quais proporcionaram melhores condições de nutrição e espaço para crescimento radicular.

Aos 120 dias, mudas produzidas nos tubetes de 115, 180 e 280 cm³ tenderam a estabilizar a relação altura/diâmetro de coleto, uma vez que o incremento em diâmetro foi maior comparado ao incremento em altura, iniciando o processo de rustificação do caule (Figura 1).

Figura 1. Relação altura diâmetro de coleto das mudas de *Cariniana estrellensis* ao longo do tempo de avaliação

As mudas produzidas nos recipientes de 53 e 560 cm³ alcançaram maior incremento entre os 120 e 150 dias para altura em relação ao diâmetro. Uma possível explicação pode ser o adensamento proporcionado pelas bandejas dos tubetes de 53 cm³ causando o estiolamento das mudas, já para o recipiente de 560 cm³, observou-se grande volume de folhas ocasionando o fechamento da parte aérea, estimulando maior crescimento desse compartimento em busca de luz. Logo, o adensamento das mudas pode estimular o crescimento da parte aérea devido ao aumento da competição por luz pelas plantas (THOMAS, 2007).

Os tubetes de 53 cm³ apresentaram maior tempo para atingir padrões recomendados para plantio de mudas florestais. Somente aos 150 dias as mudas produzidas nestes recipientes estavam aptas para plantio, diferindo do que foi encontrado nos demais recipientes, que aos 120 dias já estavam aptos para o plantio, apresentando altura acima de 20 cm (GONÇALVES et al., 2000), diâmetro do coleto maior que 4 mm (GOMES, 2003) e relação altura/diâmetro de coleto maior que 5,4 (CARNEIRO, 1995).

Ocorreu diferença entre os tratamentos para biomassa seca (aérea, radicular e total). Para a biomassa seca aérea e total as maiores médias observadas foram para o saco de 560 cm³, o qual diferiu estatisticamente dos demais recipientes. As menores médias observadas para biomassa seca aérea foram para os tubetes de 53 cm³, porém apresentou semelhança estatística ao tubete de 115 cm³. O tubete de 280 cm³ apresentou maior média para biomassa seca radicular diferindo dos demais recipientes. A menor média correspondeu ao tubete de 53 cm³ (Tabela 2).

Tabela 2. Biomassa seca aérea (BSA), radicular (BSR) e total (BST), relação biomassa seca aérea/radicular (BSA/BSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cariniana estrellensis* (Jequitibá branco) aos 150 dias

Biomassa seca (g)	Volume de recipiente (cm ³)					Anova	
	53	115	180	280	560	Fc (5%)	CV%
Aérea	1,38d	2,14cd	2,39c	3,71b	6,81a	113,84**	12,23
Radicular	0,98e	1,56d	1,97c	2,78a	2,40b	99,02**	7,31
Total	2,36d	3,70c	4,35c	6,49b	9,21a	123,31**	9,26
Índices morfológicos							
BSA/BSR	1,40b	1,38b	1,22b	1,34b	2,83a	90,67**	8,65
IQD	0,35d	0,55c	0,71b	0,89a	0,86ab	43,80**	10,10

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Bonfim et al. (2009) encontraram maiores médias para biomassa seca (aérea, radicular e total) quando produziu mudas em recipiente de maior volume. As variáveis massa seca (aérea, radicular e total) estão diretamente ligadas ao volume do recipiente, obtendo maiores valores quando se utiliza maior volume (240 cm³) (SANTOS et al., 2000). No entanto, os autores recomendam a utilização do recipiente 120 cm³ devido a economia gerada com insumos e menor área de viveiro necessária para a produção de mudas.

O índice de qualidade Dickson foi atendido para todos os tratamentos. O maior índice de qualidade Dickson foi observado para o tubete de 280 cm³, porém não diferiu estatisticamente do saco plástico de 560 cm³ sendo semelhante ao tubete de 180 cm³. As menores médias corresponderam ao tubete de 53 cm³. Resultados semelhantes foram obtidos por Malavassi e Malavassi (2006), onde o índice de qualidade de Dickson foi estatisticamente semelhante entre os tubetes de 120, 280 e 300 cm³ para mudas de *Cordia trichotoma*, e entre tubetes de 180 e 300 cm³, para mudas de *Jacaranda micranta*, sendo que o tubete de 55 cm³ apresentou menor valor para as duas espécies.

O recipiente de 560 cm³ obteve a melhor média sendo diferente estatisticamente aos demais recipiente para a relação biomassa seca da parte aérea e radicular. Chaves et al. (2006) considera a relação biomassa seca da parte aérea e radicular um indicativo da probabilidade de sobrevivência das mudas no campo. No entanto, analisando o sistema radicular no recipiente de 560 cm³ suas mudas não estavam com padrões de qualidade satisfatórios, visto que apresentavam enovelamento e dobra no sistema radicular além de maior tempo necessário para ocorrer agregação das raízes ao substrato (Figura 2). Este fato pode fazer com que a muda não permaneça muito tempo no viveiro (WIELEWICKI et al., 2004).

Figura 2. Sistema radicular de mudas de *Cariniana estrellensis* produzidas em tubetes de 53, 115, 180 e 280 cm³ e sacos plásticos de 560 cm³

Os melhores parâmetros foram observados para as mudas produzidas no saco de 560 cm³, no entanto as médias de biomassa seca e radicular e índice de qualidade Dikson foram superiores no tubete de 280 cm³. As mudas produzidas em saco plástico apresentaram enovelamento do sistema radicular, dobra e estrangulamento da raiz pivotante, além de apresentar maior tempo, para agregação da raiz ao substrato, fator indesejado para a produção de mudas de qualidade.

4. CONCLUSÃO

Para a espécie *Cariniana estrellensis* (jequitibá branco), recomenda-se a utilização do tubete 280 cm³, que apresenta melhor qualidade de muda.

REFERÊNCIAS

- BONFIM, A. A.; NOVAES, A. B.; JOSÉ, A. R. S.; GRISI, F. A. Avaliação morfológica de mudas de madeira-nova (*Pterogyn enitens* tull.) produzidas em tubetes e sacos plásticos e de seu desempenho no campo. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 33-40, 2009.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF. 1995. 451p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2003. 1036p.
- CHAVES, L. L. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G. Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agro-industriais. **Scientia florestalis**, Piracicaba, SP. n. 72, p. 49-56, 2006.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest. Chronicles**, v. 36p. 10-13, 1960.
- DURIGAN, G.; NOGUERIA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal. 1990. 14p. (IF. Série Registros, 4).
- EMBRAPA. Levantamento Generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no Estado do Espírito Santo e extremo sul do Estado da Bahia e sua aplicação nos plantios de eucalipto. EMBRAPA – CNPS, 2000. **Boletim de Pesquisa**, 1. Centro Nacional de pesquisas de solo – Rio de Janeiro, 2000. 93p.
- FARIAS, J. A.; HOPPE, J. M.; VIVIAN, J. A. Comportamento de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan, Submetidas a diferentes índices de luminosidade e em função de diferentes recipientes. **Caderno de Pesquisa**. Série Biologia / Universidade de Santa Cruz do sul, RS. Santa Cruz do sul, v. 17, n. 2. p. 69-80, 2005.
- FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; FONSECA, F.C.; VALE, F.R. Crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas em espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p.1191–1198, 2000.
- FERRAZ, A. V., ENGEL, V. L. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (hayne) lee et lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. exdc.) sandl.) e guarucaia (*parapiptadenia rigida* (benth.) brenan). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 413-423, 2011.

GOMES J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A. X.; GARCIA, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 113 - 127, 2003.

GONÇALVES, J. L. M., SANTARELLI, E. G., NETO, S. P. M.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 310-350.

MALAVASSI, U. C.; MALAVASSI, M. M. Efeito do volume do tubete no crescimento inicial de plântulas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud E *Jacaranda micranta* Cham. SEEDLINGS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 11-16, 2006.

QUEIROZ, J. A. L.; MELEM JUNIOR, N. J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Comunicação Científica. Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 460-462, 2001.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substrato na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

THOMAS, R. **Crescimento e nutrição de mudas de *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul**. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2007.

WIELEWICKI, A. P.; SAIDELLES, F. L. F.; TRENTO, R. C. S.; CANTARELI, E. B.; BRUN, E. **Viveiros Florestais**. Centro de pesquisa de recursos florestais. FEPAGRO Florestas, Santa Maria. 2004, 84p.

Capítulo 35

INFLUÊNCIA DO VOLUME DO RECIPIENTE NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Peltophorum dubium* (ANGICO CANJIQUINHA)

Henrique Capucho Justiniano dos Santos¹, Tânia Fontana dias¹,
José Ricardo Macedo Pezzopane², Fábio Ribeiro Pires¹

¹ Centro Universitário Norte do Espírito Santo (Ceunes), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Embrapa Pecuária Sudeste São Carlos SP, Brasil

Autor correspondente: capucho.h@gmail.com

Resumo: A *Peltophorum dubium* (angico canjiquinha) é uma espécie secundária com características de espécie pioneira e apresenta potencial na recuperação de áreas degradadas. Diante disto, objetivou-se avaliar a influência de diferentes volumes de recipientes na produção de mudas de *P. dubium*. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e cinco tratamentos, compostos por recipientes de capacidade volumétrica de 53, 115, 180, 280 e 560 cm³. Avaliaram-se parâmetros biométricos e índices que indicam a qualidade das mudas. As melhores médias para os parâmetros biomassa aérea e total, relação biomassa aérea radicular e área foliar observadas foram para as mudas produzidas em saco plástico de 560 m³, com exceção da relação biomassa seca aérea/radicular, onde ocorreu semelhança para todos os recipientes. As mudas produzidas em sacos plásticos apresentaram dobra, estrangulamento da raiz pivotante, além do maior tempo de agregação ao substrato. Devido às condições práticas e econômicas na qualidade mudas de espécies nativas, indica-se o tubete de 280 cm³ que apresentou condições adequadas para mudas desta espécie.

Palavras chave: Espécie nativa; produção em viveiro; volume de substrato.

INFLUENCE OF CONTAINER VOLUME ON INITIAL GROWTH OF *Peltophorum dubium* (ANGICO CANJIQUINHA)

Abstract: *Peltophorum dubium* (angico canjiquinha) is a secondary species with pioneer species characteristics and has great potential in the recovery of degraded areas. Therefore, the objective of this study was to evaluate the influence of different containers volumes on the production of *P. dubium* seedlings. The design used was a randomized block with four repetitions and five treatments, consisting of containers with volumetric capacity of 53, 115, 180, 280 and 560 cm³. Biometric parameters and indices that indicate the quality of the seedlings were evaluated. The best averages for the parameters aerial and total biomass, root aerial biomass ratio and leaf area observed were for the seedlings produced in a 560 m³ plastic bag, except for the root dry air biomass ratio, where similarity occurred for all the containers. The seedlings produced in plastic bags presented folding, strangulation of the pivoting root, as well as a longer time of aggregation to the substrate. Due to the practical and economic conditions in the quality seedlings of native species, the 280 cm³ tube that presented adequate conditions for seedlings of this species is indicated.

Keywords: Native species; nursery production; substrate volume.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Peltophorum dubium* (angico canjiquinha) possui distribuição nas florestas latifoliadas semidecíduas do sudeste e sul do Brasil e ocorrem em áreas preservadas e áreas secundárias (LORENZI, 1992). Apresenta baixa exigência em fertilidade do solo, ocorrendo naturalmente em vários tipos de solo (CARVALHO, 1994). É uma planta rústica de rápido crescimento, apresentando características de espécies pioneiras e, por isso, recomendada para reflorestamentos mistos de áreas degradadas (CURTI, 2011; LORENZI, 1992).

A utilização de espécie florestais nativas para produção ou conservação é realizada em grande parte por mudas produzidas em recipientes (CARNEIRO, 1995), sendo que as dimensões destes recipientes devem adequar-se às características das espécies (GOMES et al., 1990). O volume do recipiente influencia diretamente no custo final da muda produzida em viveiros florestais e, com o aumento do volume, ocorre aumento da quantidade de insumos. Consequentemente, há maiores gastos com transporte, aclimação e demanda por água e irrigação (QUEIROZ; MELÉM Jr., 2001).

A realização de estudos que definam o recipiente adequado para a produção de mudas de *Peltophorum dubium* (angico canjiquinha) são necessários devido à demanda de mudas de qualidade desta espécie. Por tanto, objetivou-se avaliar a influência de diferentes volumes de recipientes na produção de mudas de *P. dubium*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em um viveiro comercial na região litorânea do extremo sul da Bahia. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo “Af”, clima quente, onde o mês mais frio atinge temperatura superior a 18°C e o mês mais seco tem precipitação igual ou superior a 60 mm. A temperatura média anual ultrapassa 26°C (EMBRAPA, 2000). Esta região, segundo Carvalho (2003), está inserida no bioma Mata Atlântica e comporta vegetação típica de Floresta Ombrófila Densa.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, sendo os tratamentos compostos por cinco volumes de recipientes (TABELA 1), dispostos em quatro blocos, nos quais cultivou-se a espécie de *Peltophorum dubium* (angico canjiquinha). Cada bloco representou uma repetição, onde o número de unidades experimentais por bloco é igual ao número de tratamentos. As parcelas foram constituídas por 54 plantas, instaladas de maneira homogênea e casualizadas dentro de cada bloco.

Tabela 1. Tratamentos com base na capacidade volumétrica dos recipientes

Tratamento	Recipiente	Formato	Altura (cm)	Diâmetro superior (mm)	Diâmetro inferior (mm)	Número de estrias	Volume (cm³)
T1	Tubete	Cônico	12	28	12	4	53
T2	Tubete	Cônico	16	38	15	4	115
T3	Tubete	Cônico	15	52	13	4	180
T4	Tubete	Cônico	20	52	13	4	280
T5	Saco plástico	Cilíndrico	18	60	60	0	560

Os recipientes utilizados foram os de uso comum na produção comercial de mudas de espécies florestais nativas, compreendendo os tubetes e sacolas de polipropileno (FARIAS et al., 2005). As sementes utilizadas na produção das mudas foram coletadas de acordo com o período de frutificação e maturação das espécies. As árvores matrizes utilizadas para a obtenção das sementes estão localizadas nos remanescentes da Mata Tropical Atlântica na região litorânea do extremo sul da Bahia.

Os parâmetros biométricos avaliados foram altura da parte aérea e diâmetro de coleto, que foram avaliados aos 30, 60, 90 e 120 dias após a repicagem. Também foram avaliadas biomassa seca da parte aérea e radicular 125 dias após a repicagem.

A partir dos valores de biomassa seca aérea e radicular, obteve-se a biomassa seca total (BST), resultante da soma da biomassa aérea com a radicular, e, ainda, a relação biomassa seca aérea e biomassa seca radicular (BSA/BSR).

Para os parâmetros biométricos, calculou-se a razão entre a altura da parte aérea e diâmetro de coleto (H/DC). De posse da relação dos valores morfológicos acima descritos, determinou-se o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960), obtido pela relação da biomassa seca total (BST), com a soma das relações entre os parâmetros altura (H) e diâmetro de coleto (DC) e a relação biomassa seca aérea (BSA) com biomassa seca radicular (BSR).

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância, utilizando o teste F a 1 % e 5% de probabilidade. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O angico canjiquinha teve melhor desenvolvimento em altura e diâmetro para os recipientes de maior volume (TABELA 2). O recipiente de 560 cm³ apresentou melhores médias para altura, diâmetro do coleto e a relação altura/diâmetro do coleto. Já os tubetes de 180 e 280 não diferiram estatisticamente para estes parâmetros, em todas os períodos de avaliação. Os tubetes de 115 e 180 cm³ foram similares estatisticamente em todos os períodos avaliados.

Para a relação entre altura e diâmetro do coleto não houve diferença entre as médias avaliadas para os tubetes de 53, 115, 180 e 280 cm³. Apenas aos 120 dias esta relação foi igual entre as mudas produzidas no tubete de 280 cm³ e o saco de 560 cm³ (TABELA 1).

Tabela 2. Altura (H), diâmetro de coleto (DC) e relação altura/diâmetro de coleto (H/DC), das mudas de *Peltophorum dubium* em função dos volumes de recipientes, ao longo de seu crescimento em viveiro

Parâmetros Biométricos	Volume de recipiente (cm ³)					Anova	
	53	115	180	280	560	Fc (5%)	CV%
30 dias							
H (cm)	8,22c	9,85b	10,12b	10,21b	11,49a	31,86*	4,15
DC (mm)	1,20d	1,42c	1,60b	1,63ab	1,77a	37,44*	4,75
H/DC	6,86	6,95	6,34	6,29	6,50	2,14	6,23
60 dias							
H (cm)	14,95c	18,30bc	20,75b	21,04b	32,38a	52,52*	8,43
DC (mm)	2,27d	2,56c	2,91b	3,16b	3,56a	74,28*	4,04
H/DC	6,60b	7,15b	7,16b	6,72b	9,11a	7,96	9,83
90 dias							
H (cm)	17,17c	20,86bc	24,35bc	28,17b	47,30a	40,81*	13,86
DC (mm)	3,30c	3,38c	4,52b	5,05b	6,79a	75,66*	6,62
H/DC	5,21b	5,49b	5,39b	5,57b	6,96a	5,25*	10,95
120 dias							
H (cm)	20,83d	24,08cd	27,76bc	32,05b	48,87a	72,98*	8,37
DC (mm)	4,02c	4,58c	5,40b	6,08b	7,89a	91,65*	5,62
H/DC	5,19b	5,25b	5,14b	5,29ab	6,20a	4,56*	7,64

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. (*) Significativo a 5% de probabilidade.

Brachtvogel e Malavasi (2010), avaliando diferentes volumes de recipientes e tipos de adubos no crescimento de *P. dubium* observaram que o uso de saco plástico juntamente com o fertilizante beneficiou o incremento de altura e diâmetro das plântulas. No entanto, a adubação não diferiu estatisticamente entre os tratamentos para altura das plantas, encontrando valores próximos aos encontrados no presente estudo.

No período entre 30 e 60 dias ocorreu o maior incremento em altura em todos os recipientes. A partir dos 60 dias observa-se declínio do incremento em altura. O diâmetro do coleto continuou o processo de espessamento, causando a diminuição da relação altura/diâmetro do coleto.

Aos 90 dias foi observada a diminuição da relação altura e diâmetro do coleto para todos os tratamentos (FIGURA 1). Nesta etapa de desenvolvimento as mudas passam por processo de rustificação, com aumento do diâmetro do coleto em maior intensidade que altura, adquirindo maior quantidade de biomassa seca (GOMES et al., 2002).

Figura 1. Relação altura diâmetro de coleto, das mudas de *Peltophorum dubium*, ao longo de 120 dias em viveiro

Todas as mudas apresentavam características morfológicas adequadas para plantio de mudas florestais aos 120 dias, além de boa agregação das raízes ao substrato e caule rígido. O torrão deve apresentar características que permitam o transporte da muda sem a necessidade de se levar o tubete (GOMES et al., 2002).

Neto et al. (2003), estudando a produção de mudas de *P. dubium* utilizando tubetes de 50 cm³, associado a diferentes combinações de adubos, constataram a estabilização das mudas aos 120 dias, onde as plantas atingiram altura e diâmetro variando entre 12 e 24 cm e 3,1 a 4,8 mm, respectivamente, médias análogas às encontradas no presente estudo.

Os parâmetros de biomassa seca (aérea, radicular e total) e índice de qualidade Dickson, apresentaram maiores médias para as mudas produzidas em saco plástico e as menores para os tubetes de menor volume (TABELA 2).

Tabela 3. Biomassa seca aérea (BSA), radicular (BSR) e total (BST), relação biomassa seca aérea/radicular (BSA/BSR) e Índice de Dickson (IQD) de mudas de *Peltophorum dubium* aos 120 dias

Biomassa seca (g)	Volume de recipiente (cm³)					Anova	
	53	115	180	280	560	Fc(5%)	CV%
Aérea	1,39d	1,98cd	3,02c	4,17b	9,16a	172,66*	11,98
Radicular	0,52d	0,75d	1,19c	1,60b	3,44a	192,67*	11,15
Total	1,91d	2,73d	4,21c	5,76b	12,60a	214,54*	10,70
Índices morfológicos							
BSA/BSR	2,65	2,62	2,54	2,63	2,66	0,22*	8,07
IQD	0,24d	0,35cd	0,55bc	0,74b	1,42a	89,54*	14,95

Nota: Médias seguidas de mesma letra nas linhas não diferem significativamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. (*) significativo a 5% de probabilidade.

Os tubetes de 115 e 180 cm³ não apresentaram diferença significativa para biomassa seca aérea e índice de qualidade Dickson

Os tubetes de 53 e 115 cm³ foram similares estatisticamente para todos os parâmetros avaliados, e apresentaram os menores valores de biomassa quando comparados aos tubetes de 180 e 280 cm³ e o saco plástico de 560 cm³. Isso pode ser explicado devido ao menor espaço disponível para o crescimento radicular, ocorre também menor crescimento da parte aérea (THOMAS, 2007). Em recipientes de menor volume ocorre maior lixiviação de nutrientes (CARNEIRO, 1995), influenciando no crescimento da parte aérea das mudas, visto que o espaço para o crescimento radicular é limitado no tubete.

Maiores médias foram encontradas por Neto et al. (2003) para biomassa (aérea, radicular e total), e relação entre biomassa seca aérea e radicular, em mudas de *P. dubium* produzidas em recipientes de 50 cm³ com diferentes níveis de adubação. Brachtvogel e Malavasi (2010), por sua vez, mostraram que as médias destes parâmetros foram indiferentes ao volume de recipiente quando realizou adubação com NPK.

Todas as mudas produzidas em tubetes apresentavam padrões morfológicos de qualidade adequados para irem a campo aos 120 dias, apesar de estatisticamente apresentarem valores médios inferiores às mudas produzidas em saco de plástico de 560 cm³. As mudas produzidas em tubetes apresentavam bom aspecto nutricional e boa agregação do sistema radicular ao substrato.

Embora o saco de 560 cm³ tenha apresentado os melhores em relação ao crescimento mesmo apresentou enovelamento, estrangulamento e dobra da raiz pivotante (FIGURA 2).

Figura 2. Aspectos do sistema radicular das mudas de *Peltophorum dubium*, aos 120 dias

Enovelamento, estrangulamento e dobra da raiz pivotante, não são características recomendáveis, podendo prejudicar o desenvolvimento da muda em campo. Sacos plásticos apresentam este inconveniente na produção de mudas (WIELEWICKI et al., 2004). Para os tubetes este tipo de problema não foi observado.

4. CONCLUSÃO

Com base no crescimento das raízes e nas condições práticas e econômicas, como economia de insumos, mão-de-obra, demanda de espaço no viveiro comercial e o tempo para a produção de mudas, infere-se que o tubete de 280 cm³ seja o mais adequado na produção de mudas *P. dubium*, visto que propiciou características morfológicas de qualidade de mudas ideais para espécies nativas.

REFERÊNCIAS

BRACHTVOGEL, E. L.; MALAVASI, U. C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *peltophorumdubium*(sprengel) taubert em viveiro. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.2, p.223-232, 2010.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF; Campos: UENF. 1995. 451p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas. 2003. 1036p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. COLOMBO: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 640 p

CURTI, A. R., 2011, **Multiplicação e enraizamento in vitro de *Peltophorumdubium*(sprengel) taubert**. 2011. 94 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest. Chronicles**, v. 36, p. 10-13,1960.

EMBRAPA. Levantamento Generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no Estado do Espírito Santo e extremo sul do Estado da Bahia e sua aplicação nos plantios de eucalipto. EMBRAPA – CNPS, 2000. **Boletim de Pesquisa**, 1. Centro Nacional de pesquisas de solo – Rio de Janeiro, 2000. 93p.

FARIAS, J. A.; HOPPE, J. M.; VIVIAN, J. A. Comportamento de mudas de *Parapiptadeniarigida* (Benth) Brenan, Submetidas a diferentes índices de luminosidade e em função de diferentes recipientes. **Caderno de Pesquisa**. Série Biologia / Universidade de Santa Cruz do sul, RS. Santa Cruz do sul, v.17, n.2. p. 69-80, (jul./dez). 2005.

GOMES, J. M.; COUTO, L., LEITE, H. G., XAVIER, A., GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655-664, 2002.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FREITAS, S. C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifolia*), de copaíba (*Copaiferalangsdorffii*) e de angico-vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, v.14, n.1, p.26-34, 1990.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

NETO, S. P. M., GONÇALVES, J. L. M.; RODRIGUES, J. C.; GERES, W. L. A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE, JR. J. H. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de

adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.779-789, 2003.

QUEIROZ, J. A. L.; MELEM JUNIOR, N. J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). Comunicação Científica. Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 460- 462, 2001.

THOMAS, R. **Crescimento e nutrição de mudas de *Pinus taeda* L. no estado do Rio Grande do Sul**. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2007.

WIELEWICKI, A. P.; SAIDELLES, F. L. F.; TRENTO, R. C. S.; CANTARELI, E. B.; BRUN, E. **Viveiros Florestais**. Centro de pesquisa de recursos florestais. FEPAGRO Florestas, Santa Maria. 2004, 84p.

Capítulo 36

INFLUÊNCIA DOS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Bertholletia excelsa*

Luciana de Souza Lorenzoni-Paschoa¹, Elayne Katia dos Santos Galvão¹,
Caroline Tavares Firmino¹, João Vitor Toledo¹, Genilda Canuto Amaral¹,
José Eduardo Macedo Pezzopane¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: lucianaloren27@gmail.com

Resumo: A espécie *Bertholletia excelsa*, conhecida como castanha-do-brasil, é importante para o setor florestal brasileiro, pois gera empregos e renda por meio do extrativismo não madeireiro. As mudanças climáticas têm causado uma série de preocupações, pois pode prejudicar espécies vegetais. A *B. excelsa* requer uma atenção maior, tendo em vista que já se encontra ameaçada de extinção. Com isso, objetivou-se verificar a influência de cenários de mudanças climáticas no crescimento inicial, em altura e diâmetro, de mudas de *B. excelsa* irrigadas. As mudas de *B. excelsa* foram submetidas a três cenários: Amazônia atual (T: 28,7 °C; DPV: 0,4 KPa e CO₂: 435 ppm), RCP4.5 (T: 29,3 °C; DPV: 1,2 KPa e CO₂: 575 ppm), RCP8.5 (T: 31,6 °C; DPV: 1,8 KPa e CO₂: 948 ppm). As mudas foram mantidas com água no substrato com 90% da capacidade de campo. Ao final do experimento (91 dias) foram medidas as variáveis biométricas de altura e diâmetro. No RCP8.5 o crescimento em altura e diâmetro foi maior, enquanto que no RCP4.5 apenas o crescimento em diâmetro foi maior. Com base no presente estudo, pode-se indicar que em cenários de mudanças climáticas, com suprimento adequado de água no solo, haverá favorecimento para o crescimento inicial de *B. excelsa*. Atenta-se para a necessidade de estudos que avaliem os efeitos conjugados de cenários de mudanças climáticas e deficiência hídrica no crescimento inicial de *B. excelsa*.

Palavras chave: Amazônia; castanha-do-brasil; concentração de gás carbônico atmosférica; déficit de pressão de vapor; temperatura do ar.

INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE SCENARIOS ON THE INITIAL GROWTH OF *Bertholletia excelsa*

Abstract: The species *Bertholletia excelsa*, known as Brazil nuts, is important for the Brazilian floral sector, as it generates revenues and income through non-timber extraction. As climate change has a number of concerns, it can harm plant species. *B. excelsa* requires greater attention as it is already threatened with extinction. From this you can see the influence of climate change on the initial growth, height and diameter of irrigated *B. excelsa* seedlings. As *B. excelsa* seedlings were submitted to three scenarios: current Amazon (T: 28.7 °C, DPV: 0.4 KPa and CO₂: 435 ppm), RCP4.5 (T: 29.3 °C; DPV: 1, 2 KPa and CO₂: 575 ppm), RCP8.5 (T: 31.6 °C; DPV: 1.8 KPa and CO₂: 948 ppm). As seedlings were kept with water without substrate with 90% of field capacity. At the end of the experiment (91 days), biometric variables of height and diameter were measured. In RCP8.5 the growth in height and diameter was greater, while in RCP4.5 only the growth in diameter was greater. Based on the present study, it can be indicated that in climate change scenarios, with adequate soil water supply, there will be favoritism for the initial growth of *B. excelsa*. Attention is drawn to the need for studies to evaluate the combined effects of climate change and water deficit scenarios on the initial growth of *B. excelsa*.

Keywords: Amazon; Brazil nuts; atmospheric carbon dioxide concentration; vapor pressure deficit; Air temperature.

1. INTRODUÇÃO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), também conhecida como castanheira-do-pará, é uma espécie arbórea pertencente à família Lecythidaceae, nativa da região Amazônica. A espécie possui grande importância no setor econômico florestal como produto florestal não madeireiro em toda a Pân-Amazônia (FERREIRA et al., 2016). A comercialização da Castanha do Brasil se dá pelas vendas de suas sementes, a castanha, e subsidia o sustento de milhares de famílias da região por meio do extrativismo (FERREIRA et al., 2016; KALLIOLA; FLORES, 2011), como grupos indígenas da Bolívia, Brasil e Peru (MOLL-ROCEK; GILBERT; BROADBENT, 2014).

A *B. excelsa* encontra-se na lista de espécies ameaçadas de extinção na *The IUCN Red List of Threatened Species* (IUCN, 2019) e no Livro Vermelho da Flora do Brasil (MARTINELLI; MORAES, 2013). Em ambas as listas, a espécie encontra-se na categoria de vulnerável e isso se deve a exploração florestal intensa, a qual afeta principalmente espécies mais sensíveis às essas perturbações, como a Castanha do Brasil (ANGELO; ALMEIDA; CALDERON, 2013).

As mudanças climáticas podem agravar a vulnerabilidade da *B. excelsa* em seu ambiente natural. Tais mudanças devem-se ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, principalmente o CO₂, os quais influenciam na elevação da temperatura média global, aumento do déficit de pressão de vapor (DPV) (IPCC, 2007, 2013) e, consequentemente, alterações da precipitação. Pesquisas científicas apontam que todas as regiões mundiais estão vulneráveis aos efeitos futuros das mudanças climáticas. Diante da vulnerabilidade ecológica pré-existente e da relevância econômica que a *B. excelsa* possui, é importante estudar sobre os impactos das mudanças climáticas sobre o crescimento e diâmetro da mesma. Com isso, objetivou-se verificar a influência de cenários de mudanças climáticas no crescimento inicial, em altura e diâmetro, de mudas de *B. excelsa* irrigadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casas de vegetação climatizadas, localizadas no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), situado no município de Jerônimo Monteiro (20°47'25"S e 41°23'48"W). O experimento foi realizado durante o período de 21/06/2018 a 20/09/2018, os dados meteorológicos no interior das casas de vegetação foram mensurados por meio de sensores de temperatura e de umidade relativa (Campbell Scientific, Vaisala CS500). As leituras foram aferidas a cada 10 segundos, os valores médios a cada minuto e armazenados em datalogger (Campbell Scientific, CR-10X).

Utilizou-se 12 mudas de *B. excelsa*, provenientes da empresa Agropecuária Aruanã S. A., em Itacoatiara-AM, com cerca de 56 dias após germinadas e com uniformidade na altura e estado fitossanitário. As mudas foram transplantadas para vasos de plásticos com capacidade para cinco litros. Os vasos continham substrato comercial, acrescido de 2,5 g/L de adubo de liberação controlada (OSMOCOTE) com formulação NPK 15-9-12. As mudas aclimataram-se por 10 dias no ambiente da Amazônia e, após esse, foram distribuídas nos três cenários, totalizando quatro mudas por cenário.

Os cenários criados foram o da Amazônia central (Amazônia), o *Representative Concentration Pathways 4.5* (RCP4.5) e o *Representative Concentration Pathways 8.5* (RCP8.5). O Amazônia foi criado com base nas normais climatológicas descritas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para a Amazônia central, Manaus-AM, Brasil. Os RCP4.5 e RCP8.5 foram criados com base na descrição do quinto relatório (AR5) do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2013). Para a criação dos cenários, os valores de temperatura, DPV e [CO₂] do cenário atual da Amazônia foram aumentados conforme descritos nos RCP4.5 e RCP8.5. No cenário Amazônia a [CO₂] foram conforme descritas no Observatório Mauna Loa para 2017. Para o enriquecimento de CO₂ no ambiente das mudas em cada cenário, utilizou-se

câmaras de topo aberto (OTCs) que possuem exaustores com injetores reguláveis de CO₂, o qual era ligado às 07:45h e desligado às 17:00h (Figura 1). Os valores médios da temperatura do ar, DPV e [CO₂] estão descritos na Tabela 1.

Figura 1. Câmara de topo aberto com vasos contendo mudas de *B. excelsa*

Tabela 1. Condições climáticas dos cenários Amazônia, Representative Concentration Pathways 4.5 (RCP4.5) e o Representative Concentration Pathways 8.5 (RCP8.5), em Jerônimo Monteiro, ES

Cenários	Variáveis climáticas		
	T _{Méd} (°C)	DPV _{Méd} (kPa)	[CO ₂] (ppm)
Amazônia	28.7	0.4	435
RCP4.5	29.3	1.2	575
RCP8.5	31.6	1.8	948

Nota: T_{Méd} - temperatura do ar média, DPV_{Méd} - Déficit de Pressão de Vapor do ar médio e [CO₂] - concentração atmosférica de CO₂.

Durante todo o experimento as mudas foram irrigadas às 17:30h até o nível de 90% da capacidade de campo. Ao final do experimento (91 dias) foram aferidas as alturas, com régua graduada, e o diâmetro na altura do substrato, com paquímetro digital.

Para verificar se há diferenças significativas entre os tratamentos, foi realizada a análise de variância (ANOVA) e foi aplicado o teste de Tukey, ambos a $p \leq 0,05$. Previamente à ANOVA e ao teste de médias, foi realizado o teste de Bartlett para verificação da homogeneidade das variâncias ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R versão 3.5.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas de *B. excelsa* apresentaram diferenças entre os cenários, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2. Mudas de *B. excelsa* após 91 dias nos três cenários: Amazônia, RCP4.5 e RCP8.5

No RCP8.5 as mudas de *B. excelsa* apresentaram os maiores crescimentos em altura (> 27,5 %) e diâmetro (> 26,2 %). Já no RCP4.5, as mudas obtiveram a mesma altura que as mudas no Amazônia atual, e a diâmetro foi maior que no cenário da Amazônia atual e igual (> 21,2 %) as das mudas no RCP8.5. Os valores de altura estão descritos na figura 3A e o diâmetro na figura 3B.

Figura 3. Crescimento em altura (A) e diâmetro (B) de mudas de *B. excelsa* no cenário atual da Amazônia central (Amazônia) e de mudanças climáticas: o RCP4.5 e RCP8.5

Nota: Os intervalos na barra correspondem ao desvio padrão de quatro repetições. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre os ambientes ($P \leq 0,05$).

O aumento da temperatura do ar, dentro dos limites toleráveis da planta, pode aumentar o crescimento das mudas por meio do aumento do acúmulo de carbono, quando a disponibilidade de água não é limitada (CHUNG et al., 2013), mas, por outro lado, o aumento do DPV pode promover um estresse a planta (PARK WILLIAMS et al., 2013). No RCP8.5 as mudas podem ter sido beneficiada pelo aumento da $[CO_2]$, pois a elevação da $[CO_2]$ pode afetar positivamente importantes processos fisiológicos como a fotossíntese em plantas C3 (DA SILVA et al., 2017). Características morfológicas como a altura e diâmetro estão relacionados com a fotossíntese, ou seja, a produção de fotoassimilados (CORCOBADO et al., 2014; GHANBARY et al., 2017; MARENCO et al., 2014).

A *B. excelsa* é conhecida por ter certa tolerância à ambientes mais hostis na Amazônia. Inclusive, a espécie é cultivada, também, em áreas impactadas antropicamente (FERREIRA; GONCALVES; FERRAZ, 2012; SALOMÃO et al., 2014), áreas de capoeiras e de roçado (MOLL-ROCEK; GILBERT; BROADBENT, 2014; SCOLES; GRIBEL; KLEIN, 2011). Apesar disso, as condições climáticas no RCP8.5 são diferentes das encontradas no Amazônia, a alta

temperatura do ar e o alto DPV poderiam ter sido prejudiciais ao crescimento em altura e diâmetro das mudas se não fosse a maior $[CO_2]$ atmosférica.

Já no RCP4.5, o aumento da $[CO_2]$ atmosférica, menor que no RCP8.5, não foi suficiente para retardar os efeitos do aumento da temperatura do ar e do DPV no crescimento em altura das mudas, mas foi suficiente para não deixar que as mudas crescessem menos que no cenário Amazônia. O estresse abiótico pode prejudicar a expressão do potencial genético de desenvolvimento de uma planta (MARENCO et al., 2014). Temperaturas maiores que as condições ótimas podem prejudicar a fisiologia vegetal de várias formas, por exemplo, aumentando os gastos energéticos e diminuindo a quantidade de carbono líquido fixado na planta (HAGEMANN; BAUWE, 2016), podendo prejudicar o crescimento em altura. O aumento do DPV causa uma redução da condutância estomática para evitar a transpiração excessiva (DUURSMA et al., 2014; MARCHIN et al., 2016; MARENCO et al., 2014) e, com isso, a fotossíntese pode ser limitada (MARENCO et al., 2014). Com a possível redução da fotossíntese, a planta diminui a quantidade de fotoassimilados disponíveis para serem investido em crescimento.

Observa-se que o aumento da $[CO_2]$ no RCP4.5 resultou em um diâmetro igual ao encontrado no RCP8.5, ou seja, maior que no cenário Amazônia. Quando a temperatura do ar é um fator que pode limitar a fisiologia da planta, a mesma tende a investir mais em crescimento em diâmetro e menos em altura (CARROLL; KNAPP; MARTIN, 2017). O diâmetro do caule em plantas jovens é um importante parâmetro para indicar a probabilidade de sobrevivência da mesma (VIEIRA et al., 2006).

4. CONCLUSÃO

Com base no presente estudo, pode-se inferir que em cenários de mudanças climáticas, com suprimento adequado de água no solo, haverá favorecimento para o crescimento inicial de *B. excelsa*.

Atenta-se para a necessidade de estudos que avaliem os efeitos conjugados de cenários de mudanças climáticas e deficiência hídrica no crescimento inicial de *B. excelsa*.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo – FAPES pela concessão de bolsas de doutorado à primeira autora, por meio do edital PROCAP 2016, e pelo financiamento da pesquisa por meio do edital FAPES/VALE 01/2015.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, H.; ALMEIDA, A. N. DE; CALDERON, R. D. A. Determinants of the Brazil nut price (*Bertholletia excelsa*) on the domestic market. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 98, p. 195–203, 2013.
- CARROLL, C. J. W.; KNAPP, A. K.; MARTIN, P. H. Dominant tree species of the Colorado Rockies have divergent physiological and morphological responses to warming. **Forest Ecology and Management**, v. 402, p. 234–240, 2017.
- CHUNG, H. et al. No Title Experimental warming studies on tree species and forest ecosystems: a literature review. **Journal of Plant Research**, v. 126, n. 4, p. 447–460, 2013.
- CORCOBADO, T. et al. Drought events determine performance of *Quercus ilex* seedlings and

increase their susceptibility to *Phytophthora cinnamomi*. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 192, p. 1–8, 2014.

DA SILVA, J. R. et al. Photosynthetic acclimation to elevated CO₂ combined with partial rootzone drying results in improved water use efficiency, drought tolerance and leaf carbon balance of grapevines (*Vitis labrusca*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 134, p. 82–95, 2017.

DUURSMA, R. A. et al. The peaked response of transpiration rate to vapour pressure deficit in field conditions can be explained by the temperature optimum of photosynthesis. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 189–190, p. 2–10, 2014.

FERREIRA, M. J. et al. Clonal Variation in Photosynthesis, Foliar Nutrient Concentrations, and Photosynthetic Nutrient Use Efficiency in a Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*). **Forest Science**, v. 62, n. 6, p. 323–332, 2016.

FERREIRA, M. J.; GONCALVES, J. F. D. C.; FERRAZ, J. B. S. Growth and water use efficiency of young Brazil nut plants on degraded area subjected to fertilization. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 393–401, 2012.

GHANBARY, E. et al. Growth and physiological responses of *Quercus brantii* seedlings inoculated with *Biscogniauxia mediterranea* and *Obolarina persica* under drought stress. **Forest Pathology**, v. 47, n. 5, p. 1–11, 2017.

HAGEMANN, M.; BAUWE, H. Photorespiration and the potential to improve photosynthesis. **Current Opinion in Chemical Biology**, v. 35, p. 109–116, 2016.

IPCC. No Title Climate Change 2007: **impacts, adaptation and vulnerability**: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel, Genebra, Suíça. 2007.

IPCC. **IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Edited by T. F. Stocker et al. Cambridge/New York, Cambridge University Press, 2013.

IUCN. 2017. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2017-1. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org>>., 2019.

KALLIOLA, R.; FLORES, P. Brazil nut harvesting in Peruvian Amazonia from the perspective of ecosystem services. **Fennia**, v. 189, n. 2, p. 1–13, 2011.

MARCHIN, R. M. et al. Stomatal acclimation to vapour pressure deficit doubles transpiration of small tree seedlings with warming. **Plant, Cell & Environment**, v. 39, n. 10, p. 2221–2234, 2016.

MARENCO, R. A. et al. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, n. suppl, p. 786–799, 2014.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **No Title Livro Vermelho da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro & Andrea Jakobson. 2013.

MOLL-ROCEK, J.; GILBERT, M. E.; BROADBENT, E. N. Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) Regeneration in Logging Gaps in the Peruvian Amazon. **International Journal of Forestry Research**, v. 2014, p. 1–8, 2014.

PARK WILLIAMS, A. et al. Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 3, p. 292–297, 2013.

SALOMÃO, R. DE P. et al. Crescimento de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanheira) na Amazônia trinta anos após a mineração de bauxita. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, v. 9, n. 2, p. 307–320, 2014.

SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Growth and survival of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), in different environmental conditions in region River Trombetas, Oriximiná, Pará, Brazil Ricardo. **Boletim do Museu Paraense**, v. 6, n. 3, p. 273–293, 2011.

VIEIRA, A. H. et al. No Title Crescimento de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby sob diferentes níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. **Porto Velho: Embrapa Rondônia**, p. 1–17, 2006.

Capítulo 37

CONCENTRAÇÃO DE CARBOIDRATOS SOLÚVEIS EM *Eucalyptus* sp. EM FUNÇÃO DE DIFERENTES CONDIÇÕES TOPOCLIMÁTICAS

Elayne Katia dos Santos Galvão¹, Caroline Tavares Firmino¹,
Luciana de Souza Lorenzoni-Paschoa¹, João Vitor Toledo¹,
José Eduardo Macedo Pezzopane¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: eksgalvao@gmail.com

Resumo: A disponibilidade de recursos ambientais varia, dentre outros fatores, em função do relevo local. A busca por equacionar o uso dos recursos ambientais disponíveis e estresses abióticos geram alterações no estoque de carbono nos tecidos vegetais. Objetivou-se verificar se diferenças topoclimáticas, especialmente a exposição da encosta, são capazes de desencadear diferenciação nas concentrações de carboidratos solúveis em folhas de clones de eucalipto conduzido em monocultivo. A coleta das folhas foi realizada em árvores de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em quatro encostas com diferentes faces de exposição, sendo: E1: nordeste (NE), E2: sul (S), E3 sudoeste (SO) e E4: norte (N). A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (Encosta) e quatro (4) unidades amostrais por tratamento. Quando detectados efeitos significativos as médias foram comparadas por teste de Tukey. A encosta com orientação Sul (E2) apresentou uma maior concentração de açúcares totais, enquanto que a de orientação norte (E4) teve a menor concentração. Conclui-se que diferenças topoclimáticas, especialmente a exposição da encosta, são capazes de desencadear diferenciação nas concentrações de carboidratos solúveis em folhas de clones de eucalipto.

Palavras chave: exposição de encosta, microclima, açúcares solúveis totais, sacarose, clone de eucalipto.

CONCENTRATION OF SOLUBLE CARBOHYDRATES IN *Eucalyptus* sp. IN FUNCTION OF DIFFERENT TOPOCLIMATIC CONDITIONS

Abstract: The availability of environmental resources varies, among other factors, depending on local relief. The search for equating the use of available environmental resources and abiotic stresses generates changes in the carbon stock in plant tissues. The objective of this study was to verify if topoclimatic differences, especially slope exposure, are capable of triggering differentiation in soluble carbohydrate concentrations in leaves of monoculture eucalyptus clones. Leaf collection was performed on *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* trees on four slopes with different exposure faces: E1: northeast (NE), E2: south (S), southwest E3 (SO) and E4: north (N). Statistical analysis was performed in a completely randomized design (IHD) with four treatments (Encosta) and four (4) sample units per treatment. When significant effects were detected the means were compared by Tukey test. The south oriented slope (E2) presented the highest concentration of total sugars, while the north oriented slope (E4) had the lowest concentration. It is concluded that topoclimatic differences, especially slope exposure, are capable of triggering differentiation in soluble carbohydrate concentrations in leaves of eucalyptus clones.

Keywords: hillside exposure, microclimate, total soluble sugars, sucrose, eucalyptus clone.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* detém uma gama de espécies e híbridos que formam a principal cultura destinada à indústria madeireira e celulósica no mundo. Sendo cultivado em mais de 90 países, o eucalipto é uma árvore perene caracterizada pelo rápido crescimento, determinado principalmente pela temperatura média local e a disponibilidade de água (ARAÚJO et al., 2014; CHA-UM et al., 2014).

Sabe-se que a disponibilidade de recursos ambientais varia, dentre outros fatores, em função do relevo local. Características topográficas como face de exposição e inclinação da encosta influenciam a quantidade de radiação solar incidente na superfície. As mudanças no regime de radiação, aliadas ao tipo de cobertura do solo, afetam o balanço de energia do ambiente e, consequentemente, processos físicos como o aquecimento do ar e do solo e a demanda evaporativa, os quais, por sua vez, influenciam importantes processos de crescimento das plantas como o sequestro de carbono e a transpiração (RIBEIRO, 1993; BENNIE et al., 2008; RIIHIMAKI; HEISKANEN; LUOTO 2017)

A indisponibilidade de carbono na planta ou a incapacidade da mesma em utilizá-lo em função da falta de nutrientes ou condições ambientais, resulta em limitações no crescimento (PALACIO et al., 2013). A necessidade de equilibrar a competição por recursos naturais com a tolerância a danos e perturbações, implica no investimento de grandes quantidades de carbono em tecidos de suporte, defesa e armazenamento (DIETZE et al., 2014).

O armazenamento em plantas é definido como o processo de formação de compostos que possam ser mobilizados futuramente. A estocagem de carboidratos solúveis, é fundamental para a sobrevivência, especialmente de espécies arbóreas, sob estresse ou perturbação. Entretanto, é crescente na literatura a sugestão de que níveis elevados de solúveis limitam o crescimento, indicando que a formação de reservas seria um processo ativo, ocorrendo às custas do crescimento (WILEY; HELLIKER, 2012).

Nessa perspectiva, objetivou-se verificar se diferenças topoclimáticas, especialmente a exposição da encosta, são capazes de desencadear diferenciação nas concentrações de carboidratos solúveis em folhas de clones de eucalipto conduzido em monocultivo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O experimento foi conduzido em uma área de pastagem recuperada por diferentes modelos de sistema silvipastoril, localizada no município de Jerônimo Monteiro (20°50'27"S e 41°22'22"W), Espírito Santo. Segundo a classificação Internacional de Köppen, o clima na região caracteriza-se como Cwa, apresentando inverno seco e verão chuvoso com temperatura média de 23,1 °C e precipitação anual média de 1341 mm (LIMA et al., 2008).

A área experimental foi delimitada em quatro encostas com diferentes faces de exposição, sendo: nordeste (E1), sul (E2), sudoeste (E3) e norte (E4). Em cada encosta foi implantada uma parcela (30 x 50 m) de monocultivo de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, cujo espaçamento de plantio foi de 3x2 m. Estas parcelas correspondem a testemunha do componente arbóreo dos diferentes modelos de sistema silvipastoril.

As condições microclimáticas das encostas foram monitoradas durante o período de verão (janeiro de 2019) e encontram-se sintetizadas na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização microclimática das encostas da área experimental em Jerônimo Monteiro, ES

Janeiro/2019					
	T _{Méd} (°C)	T _{Máx} (°C)	T _{Mín} (°C)	DPV _{Méd} (kPa)	DPV _{Máx} (kPa)
NE	29,3	40,1	20,9	1,85	5,03
S	29,3	38,8	21,3	1,78	4,57
SO	29,7	41,6	21,2	1,91	5,55
N	29,6	41,2	21,1	1,95	5,40

Nota: T_{Méd} - temperatura do ar média; T_{Máx} - média das máximas temperaturas; T_{Mín} - média das mínimas temperaturas; DPV_{Méd} - Déficit de Pressão de Vapor do ar médio e DPV_{Máx} - Déficit de Pressão de Vapor do ar médias das máximas.

2.2 Determinação dos carboidratos solúveis

Para a avaliação dos carboidratos solúveis, em cada parcela, foram coletadas folhas de quatro árvores, quando as plantas estavam com dez meses de idade. As amostras foram levadas para o Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal da UFES onde foram postas em estufa de circulação forçada a 65 °C para secagem até atingirem peso constante. Posteriormente, as folhas foram moídas em moinho de facas tipo Willey.

Preparou-se o extrato etanólico utilizando-se 40mg da amostra homogeneizada em 15ml de etanol 95%, sendo que a mistura foi incubada a 4°C, no escuro em um período de 24 horas. Após, o extrato foi centrifugado a 1200 rpm durante 20 minutos para a separação do sobrenadante.

A determinação dos carboidratos solúveis totais (AST) seguiu o método fenol-sulfúrico proposto por Dubois et al. (1956). Utilizou-se uma alíquota de 50 µL de extrato etanólico, 450 µL de água deionizada, 500 µL de fenol 5 % e 2,5 mL de ácido sulfúrico (P.A). As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro (Genesys 10S UV-Vis, Thermo Fisher Scientific) a 490 nm. Uma curva de calibração foi realizada utilizando-se a glicose como padrão (0 a 40 µg mL⁻¹), sendo os resultados expressos em mg glicose g⁻¹ MS.

O teor de sacarose foi analisado com base no método antrona (RIAZI et al., 1985). Utilizou-se uma alíquota de 50 µL de extrato etanólico, 200 µL de água deionizada com 100 µL de solução de KOH 5,4 N, a 100 °C durante 10 minutos. Em seguida, acrescentou-se 3,0 mL de solução de antrona que permaneceu por 5 minutos, a 100 °C. Após o resfriamento, as amostras foram diluídas em 10 ml de água deionizada e lidas a 620 nm em espectrofotômetro. Um padrão de sacarose foi utilizado para a curva de calibração (0 a 5 µg mL⁻¹), sendo que os resultados da concentração de sacarose foram expressos mg sacarose g⁻¹ MS.

O teor de carboidratos redutores em cada amostra foi calculado por meio da diferença entre os valores dos carboidratos solúveis totais os valores obtidos para a sacarose (CHAVES FILHO; STACCIARINI-SERAPHIN, 2001).

2.2 Análise estatística

A análise foi realizada em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos (Encosta, Tabela 1) e quatro (4) unidades amostrais por tratamento. Para todas as variáveis, realizou-se análise de variância (ANOVA) utilizando o teste F adotando-se um nível de significância de até 5% de probabilidade. Quando detectados efeitos significativos para os tratamentos aplicados houve comparação de médias pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas utilizou-se o *software* R versão 3.5.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A encosta com orientação Sul (E2) apresentou uma maior concentração de açúcares totais, enquanto que a de orientação norte (E4) teve a menor concentração (Figura 1). Neste sentido, observa-se que a E2 tem a menor temperatura entre as encostas. Os níveis de carboidratos solúveis são comumente utilizados para sustentar a hipótese de que temperaturas mais baixas inibem o crescimento das árvores (KÖRNER, 1998). Sugere-se que à medida que a temperatura diminui, o processo de mitose celular é reduzido mais rapidamente que a fotossíntese, limitando a construção de novos tecidos, de modo que os substratos de carbono tendem a se acumular na planta (KÖRNER, 1998; WILEY; HELLIKER, 2012).

Figura 1. Concentração de açúcares solúveis analisados em folhas de *Eucalyptus* sp. em quatro encostas distintas

Nota: E1: encosta NE, E2: encosta S, E3: encosta SO e E4: encosta N, em que AST: açúcares solúveis totais e AR: açúcares redutores. Os intervalos na barra correspondem ao desvio padrão de quatro repetições. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças entre as encostas ($P \leq 0,05$).

A temperatura influencia também a condutância estomática. Plantas tropicais tendem a reduzir a condutância estomática quando submetidas a baixas temperaturas (MARENCO et al., 2014). A redução da condutância estomática interfere em processos fisiológicos como a fotossíntese, assim, para manter a condutância estomática adequada para a realização das trocas gasosas, as plantas tendem a alterar o seu metabolismo de forma a acumular, relativamente, maior quantidade de carboidratos solúveis (NAIDU; PALEG; JONES, 1992). Esses açúcares solúveis contribuem para a osmorregulação das células fotossintéticas nas folhas, mantendo as células guardas mais túrgidas para que a condutância estomática e os processos fisiológicos sejam mantidos (QUEREIX, 2001).

Na encosta 4 (N) foi encontrado um menor acúmulo de carboidratos solúveis. Esta encosta apresenta maior incidência de radiação solar e consequentemente altas temperatura e DPV. Assim, o baixo acúmulo de carboidrato na folha, possivelmente, está vinculado a maior demanda por fotoassimilados que poderá desencadear maior crescimento nas árvores desta encosta. De acordo com Merenco et al. (2014), quanto maior a disponibilidade de energia de um sistema, maior tende a ser a translocação de fotoassimilados e o investimento em crescimento e, assim, menor é a concentração de açúcares solúveis nas folhas.

No presente estudo, não houve diferença significativa, entre as concentrações de sacarose encontrados (E1: 1,97; E2: 1,87; E3: 1,88; E4: 1,52 mg g⁻¹ MS). No vegetal, a sacarose é exportada pelo floema para outros órgãos, de forma a atender a demanda dos drenos e/ou para ser acumulado como reserva em forma de amido nos amiloplastos de caules e raízes (LEMOINE et al., 2013). Assim, devido a idade dos eucaliptos ser a mesma e ainda jovens, talvez a sacarose pode estar atendendo demandas de drenos possivelmente semelhantes entre os eucaliptos das quatro encostas.

4. CONCLUSÃO

Verificou-se que as diferenças topoclimáticas desencadearam diferenças nas concentrações de açúcares solúveis totais e redutores.

Nos ambientes de maiores temperaturas ocorreu uma maior translocação de fotoassimilados e menor concentração de carboidratos solúveis nas folhas, ocorrendo o inverso nas encostas de temperaturas mais amenas. As diferentes condições microclimáticas existentes, por conta das exposições das encostas, não foram suficientes para desencadear diferenças nas concentrações de sacarose.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo – FAPES pelo financiamento do projeto (Protocolo: 30742.449.17980.30052016) e pela concessão de bolsas de apoio técnico a primeira autora.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. et al. A model system to study the lignification process in *Eucalyptus globulus*. *Physiologia plantarum*, v. 152, n. 1, p. 17-31, 2014.
- BENNIE, J.; BRIAN, H.; WILTSHIRE, A.; HILL, O. M.; BAXTER, R. Slope, aspect and climate: Spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological modelling*, v. 216, n. 1, p. 47-59, 2008

- CHA-UM, S. et al. Screening of eight eucalypt genotypes (*Eucalyptus* sp.) for water deficit tolerance using multivariate cluster analysis. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 173, n. 3, p. 753-764, 2014.
- CHAVES FILHO, J. T.; STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 199–204, 2001.
- DIETZE, M. C. et al. Nonstructural carbon in woody plants. **Annual review of plant biology**, v. 65, p. 667-687, 2014.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.; HAMILTON, J.; REBERS, P.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350–356, 1956.
- KÖRNER, C. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. **Oecologia**, v. 115, n. 4, p. 445-59, 1998.
- LEMOINE, R. et al. Source-to-sink transport of sugar and regulation by environmental factors. **Frontiers in Plant Science, Lausanne**, v. 4, p. 272-292, 2013.
- LIMA, J. S. de S.; SILVA, S. de A.; OLIVEIRA, R. B. de; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre, ES. **Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.
- MARENCO, R. A. et al. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Revista Ceres**, v. 61, n. suppl, p. 786–799, 2014.
- NAIDU, B. P.; PALEG, L. G.; JONES, G. P. Nitrogenous compatible solutes in drought stressed *Medicago* spp. **Phytochemistry**, v. 31, n. 4, p. 1195-1193, 1992.
- PALACIO, Sara et al. Does carbon storage limit tree growth?. **New Phytologist**, v. 201, n. 4, p. 1096-1100, 2014.
- QUEREIX, A. **Analyse et modélisation du fonctionnements stomatique de lavigne Vitis vinifera L.** Thèse (Doctorat) – Université de Bordeaux, Bordeaux, 2001.
- RIAZI, A.; MATSUDA, K.; ARSLAN, A. Water-stress induced changes in concentrations of proline and other solutes in growing regions of young barley leaves. **Journal of Experimental Botany**, v. 36, n. 11, p. 1716–1725, 1985.
- RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro - SP, v. 23, n. 45-46, p. 288-294 1993.
- RIIHIMAKI, H.; HEISKANEN, J.; LUOTO, M. The effect of topography on arctic alpine aboveground biomass and NDVI patterns. **International journal of applied Earth observation and geoinformation**, v. 56, p. 44-53, 2017.
- WILEY, E.; HELLIKER, B. A re-evaluation of carbon storage in trees lends greater support for carbon limitation to growth. **New Phytologist**, v. 195, n. 2, p. 285-289, 2012.

Capítulo 38

INDUÇÃO DE CALOGÊNESE *IN VITRO* EM FOLHAS DE JEQUITIBÁ ROSA*Elias Terra Werner¹, Henrique. T. Fonseca²*¹ Chefe do Departamento de Ciências Biológicas – Licenciatura da Universidade Federal do Espírito Santo² Graduando Ciências Biológicas, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), BrasilAutor Correspondente: henriquefonseca95@gmail.com

Resumo: *Cariniana legalis* é uma espécie presente na Mata Atlântica, importante tanto naturalmente quanto economicamente, sendo assim, a propagação *in vitro* é uma das estratégias para sua preservação. Neste trabalho foi verificada a influência de diferentes concentrações de 2,4-D na geração de calos friáveis em folíolos de plantas germinadas *in vitro*. As concentrações utilizadas para a calogênese foram 0; 0,1; 0,3; 1 mg/L de 2,4-D. Os explantes inoculados foram deixados sob a ausência de luz por 30 dias. Os resultados permitiram concluir que o crescimento de calos friáveis aumenta conforme a concentração de 2,4-D, sendo então a melhor concentração 1mg/L de 2,4-D.

Palavras chave: Mata Atlântica; *Cariniana legalis*; Cultura de Tecidos Vegetais.

IN VITRO CALOGENESIS INDUCTION IN LEAVES OF JEQUITIBÁ ROSA

Abstract: *Cariniana legalis* is a species present in the Atlantic Forest, not only essential naturally but economically too, therefore, *in vitro* propagation is one of the strategies for its preservation. The purpose of this paper was to verify the influence of different concentrations of 2,4-D in callus generation on *in vitro* germinated plants. The concentrations used for callogenesis were 0; 0,1; 0,3; 1 mg/L of 2,4-D. The inoculated explants were left without exposure to light for 30 days. The higher percentage of growth came from the 1mg/L concentration, so it was possible to conclude that callus growth was related to the higher concentration of 2,4-D.

Keywords: Atlantic Forest, *Cariniana legalis*, plant tissue culture.

1. INTRODUÇÃO

Cultura de calos é a cultura ou manutenção de massas de células desorganizadas derivadas de fragmentos de tecido vegetal ou células previamente cultivadas (George et al. 2008).

O objetivo de propagação de plantas por cultura de tecidos, também conhecido como micropropagação, é a criação de clones, plantas de material genético idêntico. Isto pode ser obtido através de embriogênese somática (Ibid, p.1).

Um calo pode ser originado de qualquer parte de uma planta inoculada em meio de cultura, a indução dos calos pode ser atingida com o uso de reguladores de crescimento ou adição de produtos químicos.

Calos friáveis são tecidos formados por deposição de células sobrepostas que destacam, por células ou grupo de células, com o toque (Godoy-Hernández & Vasquez-Flota, 2006).

2. MATERIAL E MÉTODOS

- Experimento 1: Foram utilizadas sementes de jequitibá rosa para o estabelecimento de plântulas *in vitro*. O método de desinfestação consistiu em imersão em álcool 70% por 1 minuto, hipoclorito de sódio (cloro ativo: 2-2,5%) por 15 min com 10 gotas do detergente Tween 20, seguido de lavagem com água destilada autoclavada. Inoculação em meio MS1/2 (MURASHIGE e SKOOG, 1962), com metade de sua força, acrescido de 15 g/L de sacarose e 7 g/L de ágar, sequencialmente vertidos 20 mL em tubos de ensaio.
- Experimento 2: Utilizados fragmentos foliares de jequitibá rosa para indução de calogênese. Desinfestação consistindo dos mesmos parâmetros do experimento anterior acrescido da utilização de Orthocide, com as sementes em imersão por 5 minutos. Testados os efeitos de diferentes concentrações de auxina 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) 0, 5, 20 e 50 mg/L. Explantes inoculados em meio de cultura MS e suplementados com 30 g/L de sacarose e 6,5 g/L de ágar, tendo seu pH ajustado para 5,8 e vertido em placas de Petri. As repetições consistindo de 10 placas com 1 explante por placa.
- Experimento 3: Foram utilizadas plântulas jovens estabelecidas *in vitro* de jequitibá rosa para a inoculação de fragmentos foliares e indução da calogênese, com tratamentos de diferentes concentrações de 2,4-D, que foram modificadas para: 0; 0,1; 0,3; 1 mg/L, 150 mg/L de ácido ascórbico para evitar oxidação e 1 mg/L de citocinina 6-benziloaminopurina (BAP). Inoculação dos explantes em meio de cultura de mesma composição do experimento 2, vertido em potes. As repetições consistindo de 5 fragmentos foliares por pote, totalizando 80 potes, onde 20 destes foram utilizados para cada tratamento. Os explantes foram deixados em ausência de luz por 30 dias.
- Experimento 4: A partir dos calos friáveis obtidos no experimento 3 foram realizadas tentativas para a obtenção de embriões somáticos através do uso de diferentes concentrações de BAP, estas sendo: 0; 0,5; 1; 2 mg/L, 600 mg/L de ácido ascórbico para que fosse evitada contaminação e 1 mg/L de ácido 1-naftalenoacético (ANA). Cada massa de calos friáveis foram inoculadas individualmente em meio de cultura MS, suplementado com 30 g/L de sacarose e 6,5 g/L de ágar, tendo pH ajustado para 5,8 e vertido em potes. Cada tratamento possuindo 4 repetições e o controle apenas 3, a inoculação ocorreu em câmara de fluxo laminar utilizando pinças para a transferência das massas de calos friáveis.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Representados aqui os resultados obtidos do terceiro experimento, visto que não foi possível obter resultados satisfatórios durante os experimentos anteriores.

No experimento com auxina e citocinina houve sucesso no estabelecimento de calogênese em fragmentos foliares de Jequitibá Rosa, em particular os tratamentos onde foram utilizados 0,3 e 1 mg/L de 2,4-D (Tabela 1). Visto que os tratamentos de maior concentração de 2,4-D foram os que obtiveram um maior número de explantes responsivos, pode-se assumir que uma maior concentração de 2,4-D estimula de forma positiva o crescimento de calos friáveis em explantes. Observa-se também, que houve oxidação dos explantes e calos, possivelmente devido à baixa concentração de ácido ascórbico e presença de citocinina BAP, visto que os explantes tiveram origem in vitro.

Tabela 1. Média de número de calos por repetição após 30 e 60 dias de inoculação de fragmentos foliares de jequitibá-rosa

2,4-D	Tempo	
	30 dias	60 dias
0,0 mg/L	1.29	1.53
0,1 mg/L	1.63	3.00
0,3 mg/L	2.74	4.58
1,0 mg/L	4.10	4.50

Figura 1. Pote contendo explantes responsivos, gerando calos

Este estudo demonstra a diferença entre concentrações diferentes de 2,4-D relacionadas à influência na formação de calos friáveis em explantes derivados de folhas de jequitibá rosa, também procurando promover a diferenciação de calos para a obtenção de embriões somáticos.

A ausência de resultados satisfatórios observada no primeiro experimento, já que não foi possível o estabelecimento de plântulas in vitro, leva a várias diferentes possibilidades: uma delas sendo a viabilidade inferior ou até mesmo ausência desta nas sementes, visto que a concentração de hipoclorito de sódio e o tempo de imersão estão de acordo com valores previamente testados não causaram tal inviabilização (Santos, 2016).

Figura 2. Pote contendo explantes responsivos com calos oxidados

Aqui estão representadas as observações do quarto experimento, relativas à oxidação e contaminação dos calos friáveis, visto que não foi possível observar a formação de embriões somáticos a partir dos calos friáveis.

Figura 3. Explantes responsivos, ocorrendo a geração de calos

O segundo experimento resultou em falha no estabelecimento de calos derivados de fragmentos foliares de Jequitibá Rosa, provavelmente devido à impossibilidade de inoculação no dia da coleta do material, este então permaneceu armazenado sob baixa temperatura resultando na oxidação dos fragmentos, fato este que causou a morte dos explantes, tornando impossível a obtenção de calos friáveis.

Devido aos resultados obtidos no terceiro experimento foi possível observar que os tratamentos que obtiveram maior sucesso foram aqueles que possuíam maior concentração de 2,4-D, permitindo concluir que o número de explantes responsivos foi derivado da utilização de uma maior concentração desta auxina. Observa-se assim que esta auxina influencia de forma positiva a geração de calos friáveis a partir destes explantes. Foi possível observar também a oxidação dos explantes e calos, visto que a utilização de ácido ascórbico foi limitada, sendo de 150 mg/L, permitindo concluir que para que fossem obtidos resultados superiores seria preciso a utilização de uma maior concentração.

Figura 4. Explantes responsivos em meio a explantes não responsivos

Figura 5. Explantes apresentando coloração esverdeada e enrijecidos

No quarto experimento o objetivo de obtenção de embriões somáticos não pode ser realizado, primeiramente devido à falta de equipamentos presentes no laboratório para a observação dos embriões somáticos, porém foram observadas mudanças na coloração dos calos para um esverdeado mais forte e de maior rigidez. Foi possível observar também a diminuição de oxidação tanto nos explantes quanto nos meios de cultura, indicando que o aumento da concentração de ácido ascórbico foi eficiente na prevenção deste problema.

Cariniana legalis é uma espécie que se encontra em risco de extinção, sendo assim, é de alta importância que sejam desenvolvidos métodos de conservação para esta, devido a sua importância tanto natural quanto econômica. O desenvolvimento deste método permite a geração de diversos indivíduos a partir de uma ou mais folhas desta espécie, aumentando rapidamente sua população, porém, afeta a variabilidade genética desta, visto que este desenvolvimento é originado de uma folha, os indivíduos gerados também apresentarão a mesma composição genética.

Estes estudos poderiam ser continuados em relação à obtenção de embriões somáticos, visto que não foi possível observar os resultados devido a falta de equipamento do laboratório e limitação na utilização de componentes para o meio de cultura.

4. CONCLUSÃO

A calogênese permite o desenvolvimento de plantas a partir de folhas das mesmas, assim podendo iniciar a embriogênese para a formação de novos indivíduos, apresentando uma solução para o risco de extinção da espécie.

Foi concluído nesta pesquisa que há relações entre o desenvolvimento de calos e a maior concentração de 2,4-D, visto que foi possível observar a geração de um maior número de calos a partir dos explantes que receberam tratamentos onde a concentração de 2,4-D foi aumentada em relação aos demais.

REFERÊNCIAS

- GEORGE, E.F., HALL, M.A. & KLERK, G.D. 2008. **Plant propagation by tissue culture**. Vol I. The Background. 3. ed. Springer, Dordrecht.
- GODOY-HERNÁNDEZ, G. & VASQUEZ-FLOTA, F.A. 2006. Growth measurements: estimation of cell division and cell expansion. In: G. Godoy-Hernández & F.A. Vazquez-Flota (eds). **Plant Cell Cultures Protocols**. 2 ed. Humana Press Inc. New Jersey, Totowa, p. 416.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A. A revised medium for rapid growth and bioassays with tabaco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962.
- SANTOS, Pedro Miguel Domingues dos. **Biometria, conservação de germoplasma e multiplicação in vitro de Jequitibá-Rosa do sul de Minas Gerais**. 2016. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016.

An aerial photograph of a dense forest, showing a variety of tree shapes and shades of green. A light-colored path or clearing runs horizontally across the middle of the image. The text is overlaid on the left side of the image.

PARTE III

Manejo Florestal

O espaço florestal atual reflete esse contexto, tanto que a busca pelo entendimento da dinâmica de crescimento em uma floresta e a melhor forma de garantir o seu uso contínuo é a missão da Engenharia Florestal.

Capítulo 39

INTRODUÇÃO AO MANEJO FLORESTAL

Gabriela Cristina Costa Silva
Jéferson Pereira Martins Silva
Glícia Silvania Pedroso Nascimento
Felipe da Silva Gomes
Marina Passos de Souza

Ao pensarmos em uma floresta, nativa ou plantada, nos remetemos as inúmeras variáveis e relações que as compõem. Principalmente no Brasil, onde suas particularidades endêmicas e biomas, o denotam como um cenário florestal de grande interesse global, visto que os serviços prestados a sociedade, ligados ao bem-estar humano; conservação de mananciais e da biodiversidade; sequestro de carbono ou produção.

O espaço florestal atual reflete esse contexto, tanto que a busca pelo entendimento da dinâmica de crescimento em uma floresta e a melhor forma de garantir o seu uso contínuo é a missão da Engenharia Florestal. Possui como pilares quatro grandes áreas, a silvicultura; ecologia; tecnologia da madeira e o manejo florestal, fortemente interligadas e que buscam entender todos os elementos influentes ao desenvolvimento de uma floresta, em diferentes escalas de estudo, desde as características morfológicas e fisiológicas de uma árvore, interação com o ambiente e entre plantas, riscos de intempéries, pragas e doenças, até o efeito desses elementos no volume e/ou biomassa produzida por essa floresta, onde o manejo está mais associado.

A gestão; administração e planejamento de recursos são em síntese o conceito de manejo. Assim, manejo no âmbito florestal tem como as principais atividades o planejamento de uso adequado e extração do recurso florestal e o conhecimento quanto a quantificação de crescimento e da produção florestal em diferentes ecossistemas. E para que seja possível entender e acumular mais experiências na área, são necessárias pesquisas com métodos tradicionais e enriquecida por temáticas e métodos de usos mais recentes. Passando por métodos de otimização, avaliação de solo e clima, fisiologia vegetal à técnicas de sensoriamento remoto, ergonomia e matemática.

A pluralidade de pesquisas, com temas em todas as grandes áreas da Engenharia Florestal, contempladas neste evento permite um diálogo aberto a respeito de soluções para problemas em diferentes segmentos. Diante das mudanças esperadas para o futuro, principalmente no clima, novas questões e desafios estão surgindo, o que reforça a necessidade do incentivo a pesquisa, assim como a sua difusão. Desse modo, acredita-se que esse seja o caminho para a evolução de conceitos e técnicas na Engenharia Florestal.

Capítulo 40

AVALIAÇÃO CENSITÁRIA DE ACIDENTES FLORESTAIS NO NORTE DO ESPÍRITO SANTO

*Vinícius Pereira dos Santos¹, Roldão Carlos Andrade Lima¹,
Glícia Sylvania Pedroso Nascimento¹, Marlice Paes Leme Vieira¹,
Stanley Schettino², Luciano José Minette³*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil

³ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Autor correspondente: agronomovini@ufes.br

Resumo: O setor florestal brasileiro vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, atraindo investidores e ampliando o mercado de trabalho. Neste contexto, surgem os acidentes de trabalho, cada vez mais comuns na vida laboral do trabalhador. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência de acidentes de trabalho envolvendo as atividades de produção de floresta plantada, no município de São Mateus, região norte do estado do Espírito Santo. Os dados analisados foram obtidos com base em históricos de 2000 a 2017 do Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT), disponível no Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) e dados de florestas plantadas através do MAPBIOMAS dos anos de 2000 a 2017. Os resultados mostraram que, para os anos estudados, os acidentes de trabalho nas áreas florestais com registro da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), foram, em sua grande maioria, superiores aos acidentes sem registro da CAT. Foi observado que do ano 2000 até o ano de 2017 houve redução aproximada de 68% da área de floresta plantada no município, o que impactou em uma redução do número total de acidentes de trabalho do setor florestal na proporção de 39%. Em comparação no ano de 2007 para 2017 houve uma redução da ordem de 3,88 vezes no número de acidentes de trabalho no setor florestal, sendo que apenas houve uma redução de 7,5% da área plantada. Através destes dados foi possível concluir que mesmo com aumento da área de floresta plantada é possível reduzir o número de acidentes florestais, uma vez que sejam efetivas as fiscalizações no campo por parte das empresas e do governo, maior conscientização dos empregados, aplicação constante de treinamentos de saúde e segurança do trabalho e observâncias as Normas regulamentadoras de Saúde e Segurança do Trabalho.

Palavras chave: Acidentes de trabalho; Floresta plantada; Comunicação de acidentes de trabalho.

CENSORY EVALUATION OF FOREST ACCIDENTS IN THE NORTH OF ESPÍRITO SANTO

Abstract: The Brazilian forest sector has been growing considerably in recent years, attracting investors and expanding the labor market. In this context, work accidents appear, increasingly common in the working life of the worker. Thus, this study aimed to evaluate the occurrence of occupational accidents involving planted forest production activities in the municipality of São Mateus, northern region of the state of Espírito Santo. The data analyzed were obtained based on historical data from 2000 to 2017 from the Statistical Yearbook of Accidents at Work (AEAT), available from the National Institute of Social Security (INSS) and data from forests planted through MAPBIOMAS from 2000 to 2017. The results showed that, for the years studied, occupational accidents in the forest areas registered with the Accident Reporting (CAT) were, for the most part, higher than the accidents without registration of the CAT. It was observed that from 2000 to 2017 there was a reduction of approximately 68% of the area of planted forest in the municipality, which impacted a reduction of the total number of accidents in the forest sector by 39%. Compared in 2007 to 2017, there was a 3.88-fold reduction in the number of work-related accidents in the forest sector, with only a 7.5% reduction in planted area. From these data it was possible to conclude that even with the increase of planted forest area it is possible to reduce the number of forest accidents, once the field inspections by the companies and the government are effective, greater employee awareness, constant application of training, occupational health and safety and compliance with Occupational Health and Safety regulatory standards.

Keywords: Work accidents; Planted forest; Accident reporting.

1. INTRODUÇÃO

A atividade florestal no Brasil aumentou nos últimos anos, tornando-se atraente para empreendedores e investidores. No entanto, o potencial econômico do país coexiste com uma alta prevalência de acidentes de trabalho fatais, juntamente com inúmeros riscos de acidentes no setor florestal (MEDEIROS; JURADO, 2013).

O trabalho não pode se configurar como o causador de prejuízo à saúde, gerador de mortes e sequelas, mas sim como um espaço saudável, de valorização do trabalhador, onde se produzem riquezas para o país. Dessa forma, as empresas necessitam adotar ações capazes de prevenir os acidentes visando também atender à legislação vigente (VIEGAS et al., 2017).

As estatísticas oficiais brasileiras dos acidentes são elaboradas a partir das informações obtidas na Comunicação de Acidentes de Trabalho (CAT), desenvolvido pela Previdência Social, com fins securitários. Com a emissão da CAT, o acidente é oficialmente registrado e reconhecido, estabelecendo o direito do trabalhador ao seguro de acidentes a ser prestado pelo Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), caso permaneça afastado do trabalho por mais de quinze dias. No entanto, nem todas as empresas registram os infortúnios originados em seus ambientes de trabalho (CORDEIRO et al., 2002; ASSUNÇÃO; CÂMARA, 2011).

Salienta-se, que a empresa ou empregador são obrigados a informar à Previdência Social todos os acidentes de trabalho ocorridos com seus trabalhadores, mesmo que não haja afastamento das atividades como estabelecido pela Lei nº 8.213/91 alterada pela Lei Complementar nº 150/2015. A empresa ou o empregador doméstico deverão comunicar o acidente do trabalho à Previdência Social até o primeiro dia útil seguinte ao da ocorrência e, em caso de morte, de imediato, à autoridade competente, sob pena de multa variável entre o limite mínimo e o limite máximo do salário de contribuição, sucessivamente aumentada nas reincidências, aplicada e cobrada pela Previdência Social (BRASIL, 2015).

No entanto, segundo Richthofen (2006), infelizmente nem todos os casos de acidentes envolvendo trabalhadores são comunicados. Isso ocorre devido ao alto índice de subnotificação das empresas que tentam omitir a realidade das suas condições laborais, temendo as penalidades aplicadas pelos órgãos fiscalizadores.

Para correção das distorções provocadas pelas subnotificações de acidentes florestais e outros tipos de acidentes, no ano de 2008 o Governo Federal criou um sistema de procedimentos e rotinas para a caracterização de possíveis acidentes omitidos que foi chamado de NTEP (Nexo Técnico Epidemiológico Previdenciário) através da Instrução Normativa nº 31 de 10 de setembro de 2008 que permitiu assim a caracterização do acidente de trabalho sem CAT (BRASIL, 2008).

O conhecimento dos acidentes e as doenças de trabalho são extremamente relevantes para melhor entendimento das causas e impactos destes sobre o ser humano, a produtividade, a sociedade, a economia, aos sistemas de saúde, às empresas e ao governo. Assim, o registro de acidentes de trabalho é um importante instrumento que fornece informações previdenciárias, estatísticas e epidemiológicas que proporcionam apoio laboral e social ao trabalhador brasileiro.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a ocorrência de acidentes com trabalhadores florestais no município de São Mateus- ES, relacionando-os com o total de hectares de áreas florestais plantadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de São Mateus, na região Norte do Estado do Espírito Santo (18° 42' 58" S e 39° 51' 32" W), que possui amplas áreas de plantios florestais, com predomínio da espécie *Eucalyptus* spp. O clima da região é tropical, e segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo Aw - Am, com precipitação média anual de 1000 a 1500mm e temperatura média anual de 23°C (SIQUEIRA et al., 2004).

Foram analisados dados censitários de acidentes de trabalho em áreas florestais localizadas no município em questão, no período entre 2000 e 2017. Estes foram obtidos com base no histórico do Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho (AEAT), disponível no Instituto Nacional do Seguro Social (INSS). Os dados foram subdivididos em acidentes totais por ano e acidentes com registro de CAT e sem registro de CAT.

Analisou-se, ainda, a quantidade de área florestal plantada no município, em hectares, para o mesmo período. Estes dados foram obtidos a partir do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores censitários obtidos para os acidentes totais compõem-se da soma dos acidentes com registro de CAT com os de registros de acidentes sem CAT representados na FIGURA 1. No período avaliado, observou-se que foram registrados 1.593 acidentes envolvendo trabalhadores do setor florestal para o município de São Mateus. No entanto, apenas 850 obtiveram registro da CAT contra 743 registros sem CAT para o período analisado.

Figura 1. Censo de acidentes florestais registrados no município de São Mateus-ES entre os anos 2000 e 2017

Do ano 2000 até o ano de 2017 houve redução aproximada de 68% da área de floresta plantada no município de São Mateus-ES, o que impactou em uma redução do número total de acidentes de trabalho do setor florestal na mesma proporção com redução de 39%. Em comparação no ano de 2007 para 2017 houve uma redução da ordem de 3,88 vezes no número de acidentes de trabalho no setor florestal em que houve apenas redução de 7,5% da área plantada, possivelmente justificado pelo maior rigor da fiscalização nas empresas terceirizadas que atuam na região, aplicação de campanhas pelas empresas, bonificações aos trabalhadores pela redução dos casos de acidentes e treinamento de saúde e segurança do trabalho.

Observa-se que para o período em estudo, houve um número significativo de acidentes sem o devido registro da CAT. Embora as empresas sejam obrigadas a informar à Previdência Social todos os acidentes de trabalho, mesmo que não haja afastamento das atividades, até o primeiro

dia útil seguinte ao da ocorrência, é muito comum a omissão desses dados por parte da empresa. Segundo Bordignon (2009), a falta de dados sobre os acidentes retira a obrigatoriedade das empresas de ressarcimento das despesas com a saúde do trabalhador, além de gastos relacionados aos direitos trabalhistas, como estabilidade, afastamento do trabalho, fundo de garantia do tempo de serviço (FGTS), auxílio doença, dentre outros.

Além disso, muitos empregadores não registram a CAT para acidentes e doenças considerados de menor gravidade, ou seja, aqueles cujo afastamento é inferior a 15 dias. Santana et al. (2006) salienta que casos com menor duração não chegam em se traduzir em despesas para a Previdência Social, mas impactam na produtividade e outros custos para as firmas e empregados.

A FIGURA 2 traz a área florestal plantada, em hectares, no município de São Mateus, entre os anos 2000 e 2017. Nota-se que o tamanho de área plantada decresceu significativamente no período estudado, sendo explicado possivelmente pela adoção do fomento florestal e do programa extensão florestal do Espírito Santo da década de 90, substituindo as áreas de floresta plantada por áreas plantadas de cana-de-açúcar e posteriormente por pastagem, diminuindo a demanda de produtos florestais devido à crise econômica mundial que afetou as empresas de papel e celulose.

Figura 2. Quantidade de área florestal plantada (ha) no município de São Mateus-ES entre os anos 2000 e 2017

Observou-se que o número de acidentes com CAT se manteve superior ao número de acidentes sem CAT a partir do ano de 2008. Este fato pode ser explicado pela adoção do Nexo Técnico Epidemiológico Previdenciário (NTEP) pelo INSS, por fatores como maior fiscalização das normas de segurança e higiene do trabalho por parte dos órgãos competentes, bem como uma maior conscientização dos empregados e empregadores acerca de suas respectivas obrigações e responsabilidades.

Segundo motivos mostrados anteriormente, devido a implantação das áreas de fomento e da substituição das florestas plantadas por plantios de cana-de-açúcar, houve um declínio da área plantada de 2001 até o ano de 2013. Pode-se perceber que entre os anos 2000 e 2002 a área plantada era praticamente a mesma, onde o número de acidentes totais também se manteve próximo. De 2002 até o final do ano de 2005 houve diminuição na área plantada, evidenciando-se uma pequena diminuição também no número de acidentes.

Porém, no período entre 2006 e 2008, embora possa considerar a área florestal plantada constante, houve um aumento significativo do número de acidentes. Não é possível descrever com precisão o que teria ocasionado esse aumento. Fatores como mudança no setor produtivo, aumento da jornada de trabalho somado à escassez de mão de obra, e até mesmo àqueles inerentes ao relevo e clima podem ter contribuído para um maior número de acidentes.

Nos anos seguintes, entre 2009 e 2013, as áreas plantadas continuam decrescendo, sendo que, a partir de 2014, até o ano de 2017 a demanda por produtos florestais volta a crescer, aumentando a área plantada, com diminuição, no entanto, do número de acidentes.

Figura 3. Correlação da quantidade de área florestal plantada (ha) versus o número de acidentes florestais no município de São Mateus-ES entre os anos 2000 e 2017

Na FIGURA 3 é possível observar que mesmo com a diminuição gradativa das florestas plantadas o número de acidentes florestais não diminuíram na mesma proporção, como pode ser visto nos anos de 2000 a 2004 onde houve diminuição, enquanto que nos próximos 4 anos que seguiram houve crescente registro de acidentes florestais.

Em 2009 é possível observar redução proporcional nos acidentes florestais a medida que diminuía-se as áreas de floresta plantada, o que não ocorreu nos 3 anos seguintes, voltando a uma tendência de redução acompanhado pela redução das áreas de floresta plantada nos anos de 2013 até 2017.

4. CONCLUSÃO

Entre os anos 2000 e 2017 houve um grande número de acidentes de trabalho nas áreas florestais do município de São Mateus-ES, onde o número de acidentes sem registro da CAT, embora alto, foi inferior ao número de acidentes com registro da CAT, principalmente nos últimos 10 anos, sugerindo um grande avanço na fiscalização e manutenção das normas de saúde e segurança do trabalho no setor florestal.

Dessa forma, conclui-se que mesmo com aumento da área de floresta plantada é possível reduzir o número de acidentes florestais uma vez que sejam mais efetivas as fiscalizações no campo por empresas e governo, oferecimento de bonificações aos trabalhadores na redução dos

acidentes, treinamentos de saúde e segurança do trabalho e observação e cumprimento das Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança do Trabalho.

Pode-se concluir também que existe uma forte tendência do registro dos acidentes de trabalho por parte das empresas que exploram os recursos florestais no município de São Mateus-ES.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, A. A.; CÂMARA, G. R. A precarização do trabalho e a produção de acidentes na colheita de árvores. **Caderno CRH**, Salvador, v. 24, n. 62, p. 385-396. 2011.

BORDIGNON, L. C. S. **Estudo de caso: o trabalhador e o acidente de trabalho**. 2009. 28p. Monografia (Especialista em Medicina do Trabalho) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Complementar nº 150/2015**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp150.htm#art37> Acesso em: 01 ago. 2019.

_____, Instituto Nacional de Seguridade Social – INSS, **Instrução Normativa nº 31 de 10 de setembro de 2008**, disponível em: <<https://www.anamt.org.br/portal/2017/03/02/instrucoes-normativa-inss-no-31-de-10-de-setembro-de-2008/>> Acesso em: 01 de ago. 2019.

CORDEIRO, R.; SAKATE, M.; CLEMENTE, A. P. G.; DINIZ, C. S.; DONALISIO, M. R. Subnotificação de acidentes do trabalho não fatais em Botucatu, SP, 2002. **Revista Saúde Pública**, v. 39, n. 2, p. 254-260, 2002.

MEDEIROS, J. V.; JURADO, S. R. Acidentes de trabalho em madeireiras: uma revisão bibliográfica. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, p. 87-96, 2013.

RICHTHOFEN, W. **Inspecção do trabalho: um guia da profissão**. Coimbra: Coimbra Editora, 2006.

SANTANA, V. S.; ARAUJO-FILHO, J. B.; ALBUQUERQUE-OLIVEIRA, P. R.; BARBOSA-BRANCO, A. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias perdidos. **Revista Saúde Pública**, Salvador, BA, v. 40, n. 6, p. 1004-1012, 2006.

SIQUEIRA, J. D. P.; LISBOA, R. S.; FERREIRA, A. M.; SOUZA, M. F. R.; ARAUJO, E.; LISBÃO JUNIOR, L.; SIQUEIRA, M. M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S. A. e Extensão Florestal do governo do estado do Espírito Santo. **Floresta**, Curitiba, PR, Edição Especial, p. 3-67, 2004.

VIEGAS, J. G. M.; FREITAS, L. C.; SANTOS, R. P.; LEITE, A. M. P.; FIEDLER, N. C. Work accidents in the brazilian forest sector. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 47, n. 4, p. 561 - 568. 2017.

Capítulo 41

AVALIAÇÃO DE VIBRAÇÃO OCUPACIONAL EM OPERADORES DE *Feller-Buncher* NO SUDOESTE DO MARANHÃO

Vinícius Pereira dos Santos¹, Roldão Carlos Andrade Lima¹,
Glicia Silvania Pedroso Nascimento¹, Marlice Paes Leme Vieira¹, Stanley Schettino²,
Luciano José Minette³

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil

³ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

Autor correspondente: agronomoviniccius@gmail.com

Resumo: No Brasil estudos voltados para a quantificação de exposição a vibração mecânica provocada pelo uso de máquinas de colheita florestal são escassos. O presente trabalho foi desenvolvido em área de colheita florestal de uma empresa de celulose no sudoeste do estado do Maranhão, na cidade de Estreito, com o objetivo de avaliar a vibração ocupacional em operadores de máquinas do tipo *Feller Buncher*, utilizadas na colheita florestal de eucalipto durante jornada de trabalho. Para a quantificação da vibração foi utilizado o medidor Acelerômetro Triaxial de assento da marca 01dB, seguindo a metodologia estabelecida pela Norma de Higiene Ocupacional 09 (NHO-09) e os resultados obtidos foram submetidos ao enquadramento do anexo VIII da Norma Regulamentadora 15 (NR-15) que trata sobre as atividades e operações insalubres pelo agente físico vibração. Foram realizadas, de forma aleatória, 12 avaliações para quantificação de Vibração de Corpo Inteiro (VCI) ao qual são submetidos os operadores, e apresentaram nível médio de vibração de $0,696 \text{ m.s}^{-2}$ e o nível médio do Valor da Dose de Vibração Resultante (VDVR) de $12,909 \text{ m.s}^{-1.75}$. Estes resultados mostraram que o nível de vibração absorvido pelo sistema musculoesquelético dos operadores da nas máquina de colheita florestal *Feller Buncher* como sendo de valores adequados para a jornada de trabalho em que os trabalhadores são submetidos. Deste modo foi possível concluir que as tecnologias empregadas pelos fabricantes de máquinas de colheita florestal enquadram-se aos níveis de exposição às vibrações obedecendo as recomendações das normas pertinentes.

Palavras chave: Segurança do trabalho; Ergonomia; Insalubridade; Avaliação quantitativa.

OCCUPATIONAL VIBRATION EVALUATION IN FELLER-BUNCHER OPERATORS IN SOUTHWEST MARANHÃO

Abstract: In Brazil, studies aimed at quantifying exposure to mechanical vibration caused by the use of forest harvesting machines are scarce. The present work was carried out in a forest harvesting area of a pulp company in the southwest of Maranhão state, in the city of Estreito, with the objective of evaluating occupational vibration in operators of Feller Buncher machines used in the eucalyptus harvesting. during workday. For the quantification of vibration, the 01dB Triaxial Seat Accelerometer was used, following the methodology established by Occupational Hygiene Standard 09 (NHO-09) and the results obtained were submitted to the framework of Annex VIII of Regulatory Standard 15 (NR-15) It deals with unhealthy activities and operations by physical agent vibration. Twelve evaluations were performed at random to quantify Whole Body Vibration (VCI) to which the operators are submitted, and presented an average vibration level of 0.696 ms^{-2} and the average resultant Vibration Dose Value (VDVR) of $12.909 \text{ ms}^{-1.75}$. These results showed that the vibration level absorbed by the musculoskeletal system of the Feller Buncher forest harvesting machine operators is of adequate values for the workday in which the workers are submitted. Thus, it can be concluded that the technologies employed by the forest harvesting machine manufacturers fit the vibration exposure levels following the recommendations of the relevant standards.

Keywords: Workplace safety; Ergonomics; Unhealthiness; Quantitative assessment.

1. INTRODUÇÃO

A evolução do setor industrial para atender as regiões mais desenvolvidas do país resultou na implantação de maciços florestais formados em sua maioria por espécies exóticas para atender à necessidade madeireira (SANTOS et al., 2011). Dentre essas espécies destaca-se o eucalipto (*Eucalyptus* spp.), que tem sofrido ampla expansão no setor florestal nos últimos anos, devido ao aumento da produção comercial desta espécie para as indústrias de papel, celulose e siderurgia (BIZI et al., 2008).

A mecanização nas atividades florestais tem avançado significativamente nos últimos anos devido à necessidade de reduzir custos, implicando em uma necessidade de aumento do rendimento da colheita a fim de elevar o nível de produtividade (SILVA; SANT'ANNA; MINETTE, 2003).

Com o avanço tecnológico observou-se que o aumento no rendimento das operações mecanizadas está diretamente relacionado ao bem-estar do operador, com seu posto de trabalho, trabalhando com atenção, melhor visibilidade, comandos ajustados a sua postura de trabalho e com conforto e segurança (MINETTE et al., 2007).

Nesse contexto, é importante introduzir o aspecto ocupacional nos estudos para proporcionar melhores condições de trabalho aos operadores das máquinas utilizadas nessa atividade. Isto pode ser feito por meio da adaptação do trabalho ao homem, onde o trabalho abrange as máquinas, equipamentos e toda a situação em que se relaciona diretamente com o trabalhador (IIDA, 2005).

Muitos são os riscos ergonômicos enfrentados por trabalhadores florestais, seja na atividade de implantação de florestas como na colheita. A utilização de maquinário para facilitar as operações e reduzir custos é uma alternativa amplamente adotada pelas empresas nas últimas décadas, entretanto deve-se levar em consideração o impacto destes equipamentos para com o operador, podendo oferecer riscos a sua segurança (VASCONCELOS et al., 2019).

Diante disso o objetivo deste trabalho foi avaliar a vibração ocupacional em operadores de máquinas do tipo *Feller Buncher*, utilizadas na colheita florestal de eucalipto, em uma empresa florestal na região sudoeste do estado do Maranhão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa que atua na prestação de serviços florestais, localizada na cidade de Estreito na região sudoeste do estado do Maranhão. O município está situado na região tocantina do Maranhão e localiza-se a uma latitude de 06°33'38" Sul e a uma longitude 47°27'04" Oeste, estando a uma altitude de 153 metros e a 567 km da capital, São Luís. Sua população estimada em 2018 foi de 41.355 habitantes e detém uma área de 2.718,978 km² (IBGE, 2018).

As áreas florestais estão localizadas em terrenos com relevo plano e o clima da região é classificado como Aw clima tropical com estação seca de inverno (classificação de Köppen), com temperatura média anual variando entre 25 e 27°C e precipitação média anual entre 1.500 e 2.000 mm (COSTA et al., 1998; SILVA et al., 2014).

A coleta de dados ocorreu entre os meses de setembro de 2017 a fevereiro de 2018, sendo avaliado o equipamento florestal *Feller-Buncher* de esteira 903M da marca John Deere, amplamente utilizado na colheita do eucalipto pelo sistema *Full-Tree* (toras longas) equipado com cabine de proteção e o operador trabalha em uma jornada de 8 horas diárias em escala 6x1.

A vibração transmitida ao trabalhador foi medida no corpo inteiro com o uso de um Acelerômetro Triaxial de assento da marca 01dB. A medição seguiu os preceitos de instrumentação da NHO-09, que trata da avaliação da exposição ocupacional a *vibrações* de corpo inteiro (FUNDACENTRO, 2013).

O aparelho de medição foi instalado no assento do operador florestal, onde as coletas foram mensuradas com o trabalhador sentado no posto de trabalho. Os valores foram obtidos em três direções de um sistema de coordenadas ortogonais de forma simultânea nos eixos X, Y e Z (FIGURA 1).

Figura 1. Acelerômetro de assento e eixos de medição

Fonte: FUNDACENTRO (2013).

As medições de vibração foram realizadas em 12 amostragens com o Grupo Homogêneo de Exposição (GHE) a fim de obter valores representativos da exposição às vibrações durante toda a jornada de trabalho.

Os dados obtidos serviram para determinar os valores de aceleração resultante de exposição normalizada ($aren$) e valor da dose de vibração resultante (VDVR), sendo estes os parâmetros representativos da exposição diária do trabalhador e expressos nas Equações 1 e 2.

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

Em que: are = aceleração resultante de exposição; T = tempo de duração da jornada diária de trabalho expresso em horas ou minutos; T_0 = 8 horas ou 480 minutos.

$$VDVR = [\sum_j (VDVexp_j)^4]^{1/4} \quad (2)$$

Em que: $VDVexp_j$ = valor de dose da vibração da exposição.

Os valores obtidos nas avaliações foram comparados com os limites que caracterizam a atividade como insalubridade, seguindo o exposto no Anexo VIII da NR-15 (BRASIL, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No resultado da aceleração resultante de exposição normalizada ($aren$), o nível de vibração obtido pela aceleração nos eixos X, Y e Z está representado na Tabela 1.

Tabela 1. Nível da aceleração resultante de exposição normalizada por eixo

Eixo	Valor	Unidade
Amx	0,384	m.s ⁻²
Amy	0,334	m.s ⁻²
Amz	0,373	m.s ⁻²
Aren	0,696	m.s ⁻²

Nota: Em que: amx= aceleração média segundo a direção do eixo X; amy= aceleração média segundo a direção do eixo Y; amz= aceleração média segundo a direção do eixo Z; aren= aceleração resultante de exposição normalizada.

Os dados mensurados contidos na Tabela 1 confirmam o comportamento esperado por Robin (1987) no qual considera que os operadores de máquinas estão sujeitos a vibrações em seu trabalho diário, as quais são transmitidas por intermédio das partes do corpo que entram em contato direto com a fonte de vibrações.

O nível médio de vibração obtido pela aren foi de 0,696 m.s⁻², sendo tal valor adequado a jornada de trabalho. Visto que, a Norma Regulamentadora – NR-15 estabelece como limite de exposição ocupacional de aren o valor 1,1 m.s⁻² para 8 horas de trabalho. Resultado que diverge da pesquisa de Almeida, Abrahão e Tereso (2015), que encontraram valores superiores a 1,12 m.s⁻² em seus estudos de avaliação da exposição ocupacional à vibração no corpo inteiro em máquinas de colheita florestal (*Feller-Buncher*, *Skidder* e Garra Traçadora) na região de Campinas-SP.

O valor obtido nas coletas está abaixo do nível de exposição, no entanto apresenta-se acima do nível de alerta (0,5 m.s⁻²), estabelecido pela NR-15. Com isso faz-se necessário avaliar as condições de amortecimento no assento do maquinário para realização desta atividade, podendo estas serem desgastantes ao sistema musculoesquelético (BRASIL, 2014).

Os resultados da avaliação do *Feller-Buncher* corroboram com Funes et al. (2015), que destacam os avanços tecnológicos e melhorias no posto de trabalho presentes nas máquinas florestais de alta performance nos últimos anos, mas, ressaltam que os maquinários ainda expõem o operador a algum grau de riscos e influência, principalmente, a sua saúde ocupacional. Tal trabalhador merece atenção, dada a demanda elevada de tempo na postura sentada; as tarefas apresentarem alta exigência cognitiva e motora; com o agravante da vibração recebida durante cerca de 75% da jornada diária de trabalho.

Com relação ao valor da dose de vibração resultante (VDVR), o nível de vibração obtido pela aceleração nos eixos X, Y e Z está representado na Tabela 2.

Tabela 2. Nível do valor da dose de vibração resultante por eixo

Eixo	Valor	Unidade
VDVx	3,681	m.s ^{-1,75}
VDVy	3,408	m.s ^{-1,75}
VDVz	3,999	m.s ^{-1,75}
VDVR	12,909	m.s ^{-1,75}

Nota: Em que: VDVx= valor de dose da vibração da exposição segundo a direção do eixo X; VDVy= valor de dose da vibração da exposição segundo a direção do eixo Y; VDVz= valor de dose da vibração da exposição segundo a direção do eixo Z; VDVR= valor da dose de vibração resultante.

A avaliação do *Feller-Buncher* resultou em um nível médio de vibração obtido pelo VDVR de 12,909 m.s^{-1,75}. Sendo este valor adequado a jornada de trabalho, pois o VDVR encontra-se abaixo do limite de exposição ocupacional (21,0 m.s^{-1,75}) recomendado pela Norma Regulamentadora – NR-15. Caso a medição ocupacional de vibração apresente valores superiores a este, a atividade é caracterizada como condição insalubre (BRASIL, 2014).

Em atividades que excedam os limites ocupacionais de vibração, o empregador deve optar por reduzir a jornada de trabalho do empregado, garantindo que esta seja proporcional para não afetar a saúde ocupacional. Outro método empregado nessas situações é o aumento no número de

pausas durante a jornada, reduzindo a exposição do trabalhador ao agente de risco (VASCONCELOS et al., 2019).

Os operadores de máquinas florestais são frequentemente expostos a altos níveis de vibrações do corpo inteiro durante o desenvolvimento de suas atividades e, portanto, podem ser afetados por distúrbios na coluna vertebral e vários outros tipos de doenças ocupacionais. A origem desses problemas dificilmente pode ser eliminada, devido à dinâmica da interação solo-máquina-operador.

Os projetistas de máquinas têm adotado diversas técnicas diferentes para minimizar as vibrações que o solo (terreno e relevo) pode causar ao corpo humano. Sabe-se que as atividades florestais podem ocorrer nos mais diversos cenários: rugosidade e inclinação do solo, velocidade da máquina, presença de pneus ou esteiras, manutenção de máquinas, uso de dispositivos para tarefas específicas (por exemplo, cabeçotes e implementos), etc. Assim, a influência de tais fatores na saúde humana ainda não são bem compreendidos e, portanto, não é fácil limitar a quantidade de vibrações que atuam nas variáveis de projeto (SERVADIO; BELFIORE, 2013).

4. CONCLUSÃO

Através deste trabalho foi possível concluir que as tecnologias empregadas pelos fabricantes de máquinas de colheita florestal enquadram-se nos níveis de exposição às vibrações obedecendo as recomendações das normas pertinentes.

As atividades exercidas por operadores de máquinas de colheita florestal (*Feller Buncher*), mediante avaliação quantitativa de vibração de corpo inteiro, são consideradas desgastantes ao sistema musculoesquelético mas não ao ponto da atividade ser considerada insalubre perante a Norma Regulamentadora NR-15 no seu anexo VIII ao longo das 8 horas de trabalho.

Recomenda-se a estes operadores realizarem pausas programadas para minimizarem exposição a vibração ocupacional e as empresas realizarem manutenções preventivas em suas máquinas de colheita florestal para atenuação e/ou eliminação da exposição dos seus colaboradores a riscos de grandeza física, de acidentes e principalmente ergonômicos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. F.; ABRAHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A. Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em máquinas de colheita florestal. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, 2015.
- BIZI, R. M.; GRIGOLETTI JUNIOR, A.; AUER, C. G.; MAY-DE MIO, L. L. Alternative products to control powdery mildew on eucalyptus seedlings. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 144-148, 2008.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora 15. Atividades e operações insalubres. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 ago. 2014.
- COSTA, J. M. L.; BALBY, I. T. A.; ROCHA, E. J. S.; SILVA, A. R.; RABÊLO, J. M. M.; FERREIRA, L. A.; GAMA, M. E. A.; BRANCO, M. R. F. C.; BURATTINI, M. N.; SOARES,

N. J. S. Estudo comparativo da leishmaniose tegumentar americana em crianças e adolescentes procedentes das áreas endêmicas de Buriticupu (Maranhão) e Corte de Pedra (Bahia), Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 31, n. 3, p. 279-288, 1998.

FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat e Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Norma de higiene ocupacional: NHO 09:** Avaliação da exposição ocupacional a *vibrações* de corpo inteiro. São Paulo: Fundacentro, 2013. 63 p.

FUNES, R.; ANDRADE, M. J.; BEZERRA, S. F. A. Análise Ergonômica do Trabalho (AET) aplicada ao trabalho na agricultura: experiências e reflexões. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 40, n. 131, p. 88-97, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de geografia e Estatística. **Cidades e Estados. Brasil em Síntese**, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ma/estrito.html> Acesso em: 26 jul. 2019.

IIDA, I. **Ergonomia, projeto e produção**. São Paulo: Editora Blucher, 2005.

MASSOLI, E. C.; BORGES, F. Q. Análise das externalidades geradas pela Usina Hidrelétrica de Estreito (MA) e o processo de desenvolvimento. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, RS, v. 12, n. 28, p. 251-278, 2014.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. P.; SOUZA, A. P.; SILVA, K. R. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 11, n. 6, p. 664-667, 2007.

ROBIN, P. **Segurança e ergonomia em maquinaria agrícola**. São Paulo: IPT, 1987. 24 p.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A. F. M.; CASTRO, R. V. O.; BIANCHE, J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOSO, M. T. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.

SERVADIO, P.; BELFIORE, N.P. Influence of tyres characteristics and travelling speed on ride vibrations of a modern medium powered tractor Part I: Analysis of the driving seat vibration. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 15, n. 4 p. 119-131, 2013.

SILVA, C. B. da; SANT'ANNA, C. de M.; MINETTE, L. J. Avaliação ergonômica do "Feller-Buncher" utilizado na colheita de eucalipto. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 9, n. 1, p. 119-127, 2003.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; ARAÚJO, M. L. S.; SILVA JÚNIOR, C. H. L. Análise espaço-temporal da precipitação no estado do maranhão no período de 2003 a 2012. In: XIV SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 14., 2014, Cubatão, SP. **Anais...** Cubatão, SP: COPEC, 2014. p. 123-125.

VASCONCELOS, G. B. T.; NASCIMENTO, G. S. P.; LIMA, R. C. A.; VIEIRA, M. P. L.; SCHETTINO, S.; MINETTE, L. J. Evaluation of Quality of Life and Ergonomic Risks in Workers of the Furniture Sector in Southeastern Brazil. **Journal of Scientific Research and Reports**, Hughli, v. 23, n. 5, p. 1-10, 2019.

Capítulo 42

MODELAGEM DA DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Ocotea longifolia* Kunth (LAURACEAE) AMAPÁ, BRASIL

Adriano Castro de Brito¹, Luciano Araujo Pereira²,
Plúcia Franciane Ataíde Rodrigues³, Rayane da Mota Rios⁴,
Michelle Vasconcelos Cordeiro⁵

¹ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Uesb), Brasil

² Professor Adjunto, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

³ Departamento de Ciências Naturais, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

⁴ Departamento de Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá (Unifap), Brasil

⁵ Engenheira Florestal, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

Autor correspondente: acbrito.eng@gmail.com

Resumo: O estudo de distribuição diamétrica apresenta diversas aplicações, servindo como indicador de estoque e crescimento. Diversos modelos matemáticos são utilizados para descrever a distribuição diamétrica de florestas inequianes e equianes, sendo as funções densidade de probabilidade (FDP) as mais conhecidas. O objetivo do presente estudo foi avaliar o desempenho e selecionar funções densidade de probabilidade (FDP) que descrevam a distribuição diamétrica da espécie *Ocotea longifolia* Kunth de uma área de Floresta Ombrófila Densa no estado do Amapá. O estudo foi realizado no município de Porto Grande/Amapá. Foi instalado uma parcela permanente de 100 m x 100 m na área em estudo. Foram testadas as funções Normal, Log Normal, Gama e Weibull-2P. Para as análises de representatividade, bem como, os ajustes das funções, foi utilizado o programa "R development core team". O critério de informação de Akaike – AIC foi empregado como critério de seleção. Verificou-se que a função Gamma, foi a que melhor descreveu a distribuição diamétrica de *Ocotea longifolia*. E a distribuição em diâmetro da espécie é o tipo decrescente. Portanto, conclui-se que estudos que visam a distribuição diamétrica podem ser utilizados como mecanismo para exploração volumétrica de madeira e projeção da produção futura, através de planos de manejo.

Palavras chave: Amazônia; Funções de densidade probabilística; Manejo florestal.

DIAMETRIC DISTRIBUTION MODELING OF *Ocotea longifolia* Kunth (LAURACEAE) AMAPÁ, BRAZIL

Abstract: The study of diameter distribution has several applications, among them, serving as an indicator of the growing stock. Several mathematical models is used to describe the diameter distribution of unequal and equestrian forests, the probability density (fdp's) functions being the most well known. The objective of the present study was to evaluate the performance and select probability density (FDP) functions that describe the diametric distribution of *Ocotea longifolia* Kunth species from an area of dense ombrophilous forest in the state of Amapá. The study was conducted in Porto Grande / Amapá. A permanent plot of 100 m x 100 m was installed in the study area. We tested the functions Normal, Log Normal, Gama e Weibull-2P. For the representativity analyzes, as well as the adjustments of the functions, we used the program "R development core team". The Akaike information criterion - AIC was used as the selection criterion. It was found that the Gamma function best described the diameter distribution of *Ocotea longifolia*. And the diameter distribution of the species is the descending type. Therefore, it can be concluded that studies aiming at the diameter distribution can be used as a mechanism for volumetric logging and projection of future production through management plans.

Keywords: Amazon; Probabilistic density functions; Forest management.

1. INTRODUÇÃO

Ocotea longifolia Kunth, pertencente a família Lauraceae, é uma espécie que apresenta ampla distribuição geográfica, com ocorrência em toda a região Norte, exceto no estado de Roraima (Flora do Brasil, 2020). Além disso, ela ocorre nos estados do Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco), Centro-oeste (Mato Grosso) e Sudeste, principalmente no Espírito Santo e Rio de Janeiro (QUINET et al., 2015).

Economicamente, a família Lauraceae compõe um grupo dos mais importantes no fornecimento de óleos aromáticos e alcalóides usados nas indústrias farmacêutica e de perfumaria. A família apresenta espécies com grande potencial produtora de frutos comestíveis, além de condimentares utilizadas na dieta alimentar. A madeira de algumas espécies é de alta qualidade e de grande relevância na fabricação de papel, na marcenaria e construção civil (SANTOS; ALVES, 2012). De acordo Brotto et al. (2009), esse imenso potencial econômico resulta no aumento da pressão de exploração sobre as espécies pertencentes a família Lauraceae, resultando na diminuição de suas populações naturais e consequentemente elevando o número de espécies ameaçadas de extinção.

Marangon et al. (2016) ressaltam que as funções de densidade probabilística (FDP), permitem conseguir a probabilidade de árvores ocorrerem em um determinado intervalo de classes de diâmetro e são consideradas a melhor forma de descrever a estrutura diamétrica de uma determinada espécie ou de uma comunidade arbórea. Dessa forma a compreensão dessas distribuições possibilitam futuras previsões, fundamentais para os planos de manejo.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo ajustar e selecionar funções de densidade de probabilidade que descrevam a distribuição diamétrica da espécie *Ocotea longifolia* Kunth em uma área de Floresta Ombrófila Densa no estado do Amapá, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma propriedade localizada na região do Munguba, município de Porto Grande, Amapá, Brasil (coordenadas: Lat.0°40'29,7" N; Long. 51°49'39,9" W) (FIGURA 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Porto Grande, Amapá, Brasil

O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo A, com oscilação de temperatura que pode chegar a 40 °C durante o dia e 16 °C durante a noite entre o período chuvoso e o período seco (IEPA, 1998). Grande parte dos solos da região é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

Na área de estudo foi implantada uma parcela permanente de forma aleatória com dimensão de 100 m x 100 m a qual foi dividida em subparcelas de 20 m x 20 m (EMBRAPA, 2005) para realização do inventário, onde foram identificados e mensurados o diâmetro e altura de todos os indivíduos arbóreos vivos que apresentaram diâmetro a altura do peito (DAP) igual ou superior a 10,0 cm ($DAP \geq 10$ cm).

Para a identificação da espécie foi utilizado o sistema de classificação de Angiosperm Phylogeny Group versão IV (APG, 2016).

Para os ajustes foram utilizados todos os diâmetros (DAP's) das árvores da espécie selecionada, com intuito de compor a estatística descritiva da variável DAP, sendo elas: média, erro padrão, mediana, moda, desvio padrão, variância e diâmetros máximo e mínimo.

Para a estrutura diamétrica foram testadas as seguintes funções de densidade probabilística (FDP): Normal, Log-Normal, Gamma e Weibull-2P (TABELA 1). A estrutura diamétrica foi arranjada de acordo com fórmula proposta por Sturges.

Tabela 1. Funções de densidade probabilística testadas para estrutura diamétrica de *Ocotea longifolia* em uma área de Floresta Ombrófila Densa, Amapá, Brasil

Função	Fórmula
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \left(\frac{1}{2}\right) \frac{(x - \mu)^2}{\sigma^2}$
Log-Normal	$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp - \left(\frac{1}{2\sigma^2}\right) (\ln x - \mu)^2$
Gamma	$f(x) = \frac{(x - x_{min})^{\alpha-1} \exp - \left(\frac{1}{\beta}\right)(x - x_{min})}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha}$
Weibull-2P	$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta}\right) \cdot \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma \right]$

Nota: Em que: x: variável diâmetro em cm; $f(x)$: função densidade de probabilidade da variável x; μ : média dos valores de x; σ : desvio padrão de x; σ^2 : variância da variável x; π : é a constante "pi" (3,14159); β , α , γ : parâmetros a serem estimados; Γ : função Gamma.

A escolha das fdp's que melhor representaram a distribuição de diâmetros da espécie maçaranduba foi feita com base no critério de informação de Akaike – AIC, em que, quanto menor o valor de AIC, melhor será o ajuste do modelo. As análises foram realizadas pelo software R development core team (2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os dados observados do diâmetro à altura do peito para a espécie *Ocotea longifolia*, verificou-se que o diâmetro variou entre 11 cm a 30 cm, demonstrando uma ideia geral da estrutura diamétrica. Essa mesma observação foi realizada para a altura e área basal (TABELA 2).

Tabela 2. Parâmetros dendrométricos para a população de *Ocotea longifolia* em uma área de Floresta Ombrófila Densa, Amapá, Brasil

Parâmetros	Máximo	Mínimo	Média ± DP
DAP	30 cm	11 cm	17,7 ± 5,988
Altura	22 m	8 m	12,6 ± 4,049
Área basal	0,070686 m ²	0,009503 m ²	0,027398 ± 0,01824

Considerando os valores de média, moda e mediana, permite-se caracterizar como sendo uma distribuição com assimetria positiva (TABELA 3). Ainda de acordo com a Tabela 3, nota-se que, o coeficiente do momento de curtose configura-se uma distribuição leptocúrtica (curtose < 0).

Tabela 3. Estatística descritiva da variável diâmetro para *Ocotea longifolia* em uma área de Floresta Ombrófila Densa, Amapá, Brasil

Espécie	Medida										
	$\bar{d}$	Md	Mo	σ^2	σ	Dmi n.	Dmá x.	A	CV %	Assimetria	Curtos e
<i>Ocotea longifolia</i>	17,7	18	11	35,8 5	5,98	11	30	19	33,7 8	0.55	-0.38

Nota: $\bar{d}$: Diâmetro médio (cm); Md: Mediana; Mo: Moda; σ^2 : Variância (cm²); σ : Desvio padrão (cm); $d_{\min.}$: Diâmetro mínimo (cm); $d_{\max.}$: Diâmetro máximo (cm); A: Amplitude diamétrica (cm); CV: Coeficiente de variação.

Observa-se que esses baixos valores de diâmetro indicam que a população de *Ocotea longifolia* avaliada possui um baixo índice de indivíduos adultos, o que permite caracterizar a população como jovem. Nota-se ainda que há uma grande concentração de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro, caracterizando uma distribuição decrescente, ou seja, em formato de J-invertido, característico de florestas inequidâneas.

Lana et al. (2013), ao realizar um estudo para a espécie *Eschweilera ovata* (Cambess.) Miers, que também ocorre no estado do Amapá, verificou que a espécie apresenta uma distribuição decrescente como a do presente estudo. Em outros trabalhos já realizados para a região amazônica, foi observado esse mesmo comportamento para diversas outras espécies, bem como, para as áreas de modo geral (TONINI et al., 2009; SOUZA et al., 2014; SANTOS et al., 2016).

Na Tabela 4, estão apresentados os coeficientes ajustados para as quatro funções densidade de probabilidade. Esses valores foram utilizados nas suas respectivas funções para obtenção das probabilidades de encontrar árvores em determinada classe diamétrica.

De acordo ainda com a Tabela 4, verificando a estatística das distribuições em estudo, observa-se que a função Gamma foi a que melhor descreveu a distribuição diamétrica, seguida da função Log-Normal. Já a função a Weibull – 2P, foi a que apresentou a estimativa menos considerável para a espécie em estudo, ou seja, as frequências estimadas pela função não seguem a distribuição observada.

Tabela 4. Parâmetros testado para a classificação das funções de densidade pelo critério de informação de Akaike (AIC) para *Ocotea longifolia*, Amapá, Brasil

Espécie	Parâmetros	Coefficientes	Função	Ranking	AIC
<i>Ocotea longifolia</i>	σ^2	35,85	Normal	3º	86.15618
	σ	5,9833			
	σ^2	0.021493	Log-Normal	2º	85.22464
	α	9.722776	Gamma	1º	85.0705
	β	0.547195			
	γ	3.340342	Weibull-2P	4º	86.38657

Vários trabalhos foram realizados objetivando à modelagem da distribuição diamétrica usando diversas funções de densidades probabilísticas (FDP's) para diferentes espécies e ambiente (ORELLANA et al., 2014; RIBEIRO et al., 2014; TÊO et al., 2015; MARANGON et al., 2016).

Através da análise da distribuição diamétrica para a espécie em estudo, conforme já citado anteriormente, ela seguiu o padrão J-invertido. O comportamento das curvas ajustadas para cada fdp avaliada está representado na figura 2.

Figura 2. Distribuição diamétrica e funções de densidade probabilística ajustas para *Ocotea longifolia* na região Amazônica, Amapá

Corroborando com o presente estudo, Santos et al. (2013) ao estudar uma área na Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), verificou também uma distribuição diamétrica do tipo J-invertido para a espécie *Virola surinamensis* Warb.

De acordo com Machado et al. (2010), quando se avalia a população de uma espécie individualmente, fica evidenciado a ocorrência de diferentes ciclos de regeneração. Nesse sentido, segundo Oliveira et al. (2003) esse tipo de comportamento decrescente da curva em J-invertido indica que a comunidade arbórea apresenta pouca ou nenhuma pressão antrópica.

4. CONCLUSÃO

A distribuição diamétrica para a comunidade de *Ocotea longifolia* apresentou padrão típico de distribuição para florestais naturais, ou seja, a maior parte dos indivíduos está localizada nas primeiras classes diâmetros, sendo a curva do tipo decrescente.

As funções Gamma e Log-Normal apresentaram um desempenho melhor quanto ao ajuste dos diâmetros para a espécie estudada.

Pesquisas que visam a distribuição diamétrica podem ser utilizados como mecanismo para exploração volumétrica de madeira e projeção da produção futura, através de planos de manejo.

REFERÊNCIAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG IV). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. The Linnean Society of London, **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1–20, 2016.
- BROTTO, M. L.; SANTOS, E. P.; BAITELLO, J. B. Lauraceae no Morro dos Perdidos (Floresta Atlântica), Paraná, Brasil. **Rodriguésia** 60: 445-459. 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileira de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p. 412.1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - Embrapa. **Diretrizes simplificadas para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Pará, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/25809090/Diretrizes-para-instalacao-e-medicao-de-parcelas-permanentes-em-florestas-naturais-na-amazonia>>. Acesso em: 10 Dez. 2016.
- INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ - IEPA. Zoneamento Ecológico Econômico. **Relatório**. Macapá, 1998.
- LANA, M. D.; BRANDÃO, C. F. L. S.; PÉLLICO NETTO, S.; MARANGON, L. C.; RETSLAFF, F. A. S. Distribuição diamétrica de *Eschweilera ovata* em um Fragmento de Floresta Ombrófila Densa - Igarassu, PE. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 43, n. 1, p. 59 - 68, jan./mar. 2013.
- MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; ZAMIN, N. T. Modelagem da distribuição diamétrica de quatro espécies de Lauraceae em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 1, 2010.
- MARANGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SCHNEIDER, P. R.; LOUREIRO, G. H. Modelagem da distribuição diamétrica e espécies lenhosas da Caatinga, semiárido Pernambucano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 863-874, jul.-set., 2016.
- Ocotea* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB8470>>. Acesso em: 21 Jul. 2019
- OLIVEIRA, A. N.; AMARAL, I. L.; NOBRE, A. D.; COUTO, L. B.; SADO, R. M. Composition and floristic diversity in one hectare of a upland forest dense in Central Amazonian, Amazonas, Brazil. **Biodiversity and Conservation** (in press). 2003.

ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, AFONSO.; PÉLLICO NETTO, S.; DIAS, A. N. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.2, p.297-308, 2014.

QUINET, A.; BAITELLO, J.B.; MORAES, P.L.R. DE; ASSIS, L.; ALVES, F.M. *Lauraceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8470>>. 2015.

R Development Core Team (2011). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S.; PÉLLICO NETTO, SYLVIO.; MACHADO, S. A. Estrutura da distribuição diamétrica em plantio experimental de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 1055-1065, out.-dez., 2014.

SANTOS, E. S.; LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; ABREU, J. C.; SOTTA, E. D. Distribuição diamétrica para *Virola surinamensis* (Rol.) Warb na Floresta Estadual do Amapá- FLOTA/AP. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 13, n. 1, 2013.

SANTOS, R. O.; ABREU, J. C.; LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; SOTTA, E. D.; LIMA, R. C. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

SANTOS, S. O.; ALVES, M. Flora da Usina São José, Igarassu, Pernambuco: Lauraceae. **Rodriguésia** 63(3): 689-703. 2012.

TÉO, S. J.; MARCON, F.; SCHNEIDER, C. R.; SANTOS, F. B.; CHIARELLO, K. M. A.; FIORENTIN, L. D. Modelagem da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lebon Régis, Sc. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 337 - 348, abr. / jun. 2015.

TONINI, H.; COSTA, P.; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no Sul do estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 247-255, jul.-set., 2009.

Capítulo 43

DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. (SAPOTACEAE) EM UMA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE, AMAPÁ, BRASIL

Adriano Castro de Brito¹, Luciano Araujo Pereira², Alessandra dos Santos Facundes³, Michelle Vasconcelos Cordeiro⁴, Rayane da Mota Rios⁵

¹ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (Uesb), Brasil

² Professor Adjunto, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

³ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Amapá (Unifap), Brasil

⁴ Engenheira Florestal, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

⁵ Departamento de Biodiversidade Tropical, Universidade Federal do Amapá (Unifap), Brasil

Autor correspondente: acbrito.eng@gmail.com

Resumo: A distribuição em classes de diâmetro é uma das formas de indicar o potencial uso de uma comunidade florestal. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho e selecionar funções densidade de probabilidade (FDP) que descrevam a distribuição diamétrica da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. (Sapotaceae) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Amapá. O estudo foi desenvolvido no município de Porto Grande, Amapá. Foi instalado uma parcela permanente de 100 m x 100 m. Foram testadas as funções Normal, Log Normal, Gama e Weibull-2P. Para as análises de representatividade para os ajustes das funções, foi utilizado o programa "R development core team". O critério de informação de Akaike – AIC foi empregado como critério de seleção. Os resultados indicam uma distribuição diamétrica tendendo a unimodal e de maneira geral as funções Gamma e Weibull-2P apresentaram os melhores ajustes. Portanto, conclui-se que a distribuição unimodal retratada para a espécie, demonstra haver um grau de perturbação que está prejudicando a regeneração natural.

Palavras chave: Amazônia; Ecologia; Modelos matemáticos; Manejo florestal.

DIAMETRIC DISTRIBUTION OF *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. (SAPOTACEAE) IN A DENSE OMBROPHILOUS FOREST AREA, AMAPÁ, BRAZIL

Abstract: The diameters class distribution it's one of the ways to indicate the use potential of the one forestal community. The objective of the study was evaluated the performance and select probability density functions (PDF) that describe the diameter distribution of the species *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. (Sapotaceae) in an area of dense ombrophylous forest in Amapá. The study it was developed in Porto Grande, Amapá. A permanent plot of 100 m x 100 m has been installed. The functions Normal, Log Normal, Gamma and Weibull-2P were tested. For the representativeness analyzes for the function adjustments, the program "R development core team" was used. The Akaike information criterion - AIC was used as the selection criterion. The results indicate a diameter distribution tending to unimodal and in general the functions Gamma and Weibull-2P presented the best adjustments. Therefore, it is concluded that the unimodal distribution depicted for the species demonstrates that there is a degree of disturbance that is impairing natural regeneration.

Keywords: Amazon; Ecology; Mathematical models; Forest management.

1. INTRODUÇÃO

Manilkara huberi (Ducke) Standl. conhecida popularmente como maçaranduba, pertencente à família Sapotaceae, é uma espécie com distribuição geográfica nas regiões Amazônica e Mata Atlântica. Essa espécie está entre aquelas que chegam a atingir o dossel, podendo alcançar 50 m de altura e 200-300 cm de diâmetro (SOUZA et al., 2002).

A espécie apresenta um alto valor comercial no mercado madeireiro, nacional e internacional, em decorrência da qualidade de sua madeira, que é considerada pesada, dura e resistente (SCHULZE et al., 2005). Sua madeira apresenta grande versatilidade, podendo ser usada para diversos fins, principalmente nas indústrias da construção civil e naval (SOUZA et al., 2002).

O crescimento em diâmetro da espécie em estudo é considerado lento, onde uma área explorada necessitaria de um período longo para recuperação após uma exploração intensa (CASTRO; CARVALHO, 2014), dessa forma conhecer o comportamento da espécie é importante para o planejamento de seu uso, visto que a sua madeira é tão importante para o mercado.

A Função de Densidade de Probabilidade (FDP) é uma das formas de demonstrar a estrutura de uma comunidade florestal, para tanto a distribuição diamétrica é uma das mais utilizadas, devido à sua eficácia e simplicidade (JESUS et al., 2017). Dentre as funções mais utilizadas estão: Gamma, Beta, Weibull, Normal e Log-Normal (SCOLFORO, 2006). É importante o ajuste de diferentes equações para que se escolha a que mais se adeque aos dados, visto que cada espécie apresenta suas peculiaridades.

O presente estudo teve como objetivo ajustar e selecionar funções de densidade de probabilidade que descrevam a distribuição diamétrica da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. em uma área de Floresta Ombrófila Densa no estado do Amapá, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em uma localidade denominada “Vale das Águas Vivas” no município de Porto Grande no estado do Amapá, coordenadas: Lat.0°40'29,7" N; Long. 51°49'39,9" W (FIGURA 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Porto Grande, Amapá, Brasil

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo A, com oscilação de temperatura que pode chegar a 40°C durante o dia e cerca de 16°C durante a noite (IEPA, 1998). Conforme Embrapa (1999), boa parte dos solos da região é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico.

Na área experimental para o levantamento das informações, foi instalada uma parcela permanente de forma aleatória de tamanho 100 m x 100 m e subdividida em subunidades de 20 m x 20 m (EMBRAPA, 2005). O inventário consistiu em identificar os indivíduos de *Manilkara huberi* (maçaranduba) e mensurar todos os diâmetro e altura dos indivíduos arbóreos vivos que apresentavam o nível de inclusão igual ou superior a 10,0 cm ($DAP \geq 10$ cm).

Para a identificação da espécie foi utilizado o sistema de classificação de Angiosperm Phylogeny Group versão IV (APG, 2016).

Os dados de dap foram analisados por meio da estatística descritiva, utilizando as medidas de posição média, mediana e moda, e as medidas de dispersão variância, desvio padrão, erro padrão, diâmetros mínimo e máximo, amplitude e coeficiente de variação. Foram comparadas as fdp Normal, Log-Normal, Gamma e Weibull-2P (TABELA 1), com o dap como variável independente. A estrutura diamétrica foi distribuída conforme a metodologia proposta por Sturges (1926).

Tabela 1. Funções de densidade probabilística testadas para estrutura diamétrica de *Manilkara huberi* em uma área de Floresta Ombrófila Densa, Amapá, Brasil

Função	Fórmula
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \left(\frac{1}{2} \right) \frac{(x - \mu)^2}{\sigma^2} + \varepsilon$
Log-Normal	$f(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp - \left(\frac{1}{2\sigma^2} \right) (\ln x - \mu)^2 + \varepsilon$
Gamma	$f(x) = \frac{(x - x_{min})^{\alpha-1} \exp - \left(\frac{1}{\beta} \right) (x - x_{min})}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} + \varepsilon$
Weibull-2P	$f(x) = \left(\frac{\gamma}{\beta} \right) \cdot \left(\frac{x}{\beta} \right)^{\gamma-1} \exp \left[- \left(\frac{x}{\beta} \right)^\gamma \right] + \varepsilon$

Nota: Em que: x: variável diâmetro em cm; f(x): função densidade de probabilidade da variável x; μ : média dos valores de x; σ : desvio padrão de x; σ^2 : variância da variável x; π : é a constante "pi" (3,14159); β , α , γ : parâmetros a serem estimados; Γ : função Gamma.

A escolha das fdp's que melhor representaram a distribuição de diâmetros da espécie maçaranduba foi feita com base no critério de informação de Akaike – AIC, em que, quanto menor o valor de AIC, melhor será o ajuste do modelo. As análises foram realizadas pelo software R development core team (2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar a estatística descritiva da variável dap da espécie *Manilkara huberi* em uma área de Floresta Ombrófila Densa, observa-se que os valores de dap mínimo (19,7 cm) e máximo (112,2 cm) demonstraram de modo geral a estrutura diamétrica da espécie (TABELA 2). De acordo ainda com a Tabela 2, ao considerar os valores de média, moda e mediana, é possível caracterizar a distribuição como assimétrica positiva e, pelo valor da curtose, como uma distribuição leptocúrtica (curtose < 0).

Tabela 2. Estatística descritiva da variável diâmetro para *Manilkara huberi* em uma área de Floresta Ombrófila Densa, Amapá, Brasil

Espécie	Medida										
	$\bar{d}_{ap}$	Md	Mo	σ^2	σ	Dmin.	Dmáx.	A	CV%	Assimetria	Curtose
Manilkara huberi	66,7	62,8	-	802,65	28,33	19,7	122,2	102,5	42,42	0,54	-0,12

Nota: $\bar{d}_{ap}$: Diâmetro médio (cm); Md: Mediana; Mo: Moda; σ^2 : Variância (cm²); σ : Desvio padrão (cm); $d_{mín.}$: Diâmetro mínimo (cm); $d_{máx.}$: Diâmetro máximo (cm); A: Amplitude diamétrica (cm); CV: Coeficiente de variação.

Observa-se que esses altos valores de diâmetro indicam que a população de *Manilkara huberi* possui um alto índice de indivíduos adultos, caracterizando bom desenvolvimento para a mesma. Nota-se ainda que há uma grande concentração de indivíduos nas classes intermediárias de diâmetro, caracterizando uma distribuição normal (FIGURA 2), esse comportamento foi diferente do esperado, uma vez que, o padrão comum é a forma de J-invertido ou exponencial negativo, clássica de florestas ineqüíneas.

Alves Junior et al. (2009) ao estudarem um fragmento de Floresta Atlântica também encontraram esse tipo de distribuição, afirmando que a mesma é prevista para florestas naturais, assim como, Machado et al. (2010) corroborando com o presente estudo.

Na Tabela 3, estão apresentados os coeficientes ajustados para as quatro funções densidade de probabilidade (FDP). Esses valores foram utilizados diretamente nas FDP com o intuito de estimar as probabilidades de uma árvore pertencer a determinada classe diamétrica.

Ainda segundo a Tabela 3, analisando a estatística das distribuições em estudo, observa-se que a função Gamma foi a que melhor descreveu a distribuição diamétrica, seguida da função Weibull-2P. Já a função Log-Normal, foi a que apresentou o maior valor de AIC.

Tabela 3. Parâmetros testado para a classificação das funções de densidade pelo critério de informação de Akaike (AIC) para *Manilkara huberi*, Amapá, Brasil

Espécie	Parâmetros	Coeficientes	Função	Ranking	AIC
<i>Manilkara huberi</i>	σ^2	802,65	Normal	3º	145.8521
	σ	28,33			
	σ^2	0,2172	Log-Normal	4º	145.9021
	α	5.56776			
	β	0.08337	Gamma	1º	144.9751
	γ	2.62415			
			Weibull-2P	2º	145.0481

Machado et al. (2010) em seu estudo verificaram que uma das funções que não apresentou boa aderência aos dados foi a Weibull-2P, contrastando o presente estudo. Entretanto, os mesmos autores afirmam não ser viável o uso de uma mesma função para mais de uma espécie e/ou espécies diferentes.

Com intuito de verificar modelos que descrevem a distribuição diamétrica para determinada espécie ou área, diversos estudos visando a modelagem da distribuição em classes de diâmetro utilizando várias funções de densidades probabilísticas foram realizados (MACHADO et al., 2010; SANTOS et al., 2013; SANTOS et al., 2016; CYSNEIROS et al., 2017).

Avaliando a distribuição diamétrica para a espécie em estudo, conforme já citado anteriormente, seguindo uma distribuição tendendo a normal. O comportamento das curvas ajustadas para cada fdp avaliada está representado na figura 2.

Figura 2. Distribuição diamétrica e funções de densidade probabilística ajustas para *Manilkara huberi* na região Amazônica, Amapá

Scolforo (2006) preconiza que o comportamento da distribuição diamétrica normal para uma floresta natural pode ser encontrada quando se analisa uma única espécie. Assim sendo, Marangon et al. (2016), ao realizar um estudo para algumas espécies lenhosas, também encontrou esse comportamento na distribuição dos diâmetros para uma das espécies analisadas.

Vale ressaltar que apesar desse comportamento ser previsto, um dos fatores para tal ocorrência são alterações feitas pelo corte seletivo da espécie através da exploração madeireira, pois essa espécie apresenta alto valor comercial no mercado.

4. CONCLUSÃO

A distribuição em classes de diâmetro para a população de *Manilkara huberi* apresentou padrão atípico de distribuição esperada para florestais naturais, ou seja, a maior parte dos indivíduos está localizada nas classes intermediárias de diâmetro.

As funções Gamma e Weibull-2P apresentaram um desempenho melhor quanto da distribuição dos diâmetros para a espécie estudada.

A distribuição unimodal retratada para a espécie, demonstra haver um grau de perturbação que está prejudicando a regeneração natural, pois, requer uma atenção especial para a espécie. Portanto, é necessário que aja um manejo específico que possa promover o aumento gradual da regeneração natural na floresta.

REFERÊNCIAS

ALVES JUNIOR, F. T.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; COSTA JUNIOR, R. F. Estrutura diamétrica de um fragmento de Floresta Atlântica em matriz de cana-

de-açúcar, Catende, Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.13, n.3, p.328–333, 2009.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP (APG IV). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. The Linnean Society of London, **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 1–20, 2016.

CASTRO, T. C.; CARVALHO, J. O. P. Dinâmica da população de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. durante 26 anos após a exploração florestal em uma área de terra firme na Amazônia brasileira. **Ciênc. Florest.**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2014.

CYSNEIROS, V. C.; AMORIM, T. A.; MENDONÇA-JÚNIOR, J. O.; GAUI, T. D.; MORAES, J. C. R.; BRAZ, D. M.; MACHADO, S. A. Distribuição diamétrica de espécies da Floresta Ombrófila Densa no Sul do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 89, p. 1-10, jan./mar. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileira de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p. 412.1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Diretrizes simplificadas para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia brasileira**. Pará, 2005. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/25809090/Diretrizes-para-instalacao-e-medicao-de-parcelas-permanentes-em-florestas-naturais-na-amazonia>>. Acesso em: 10 Dez. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ - IEPA. Zoneamento Ecológico Econômico. **Relatório**. Macapá, 1998.

JESUS, C. M.; MIGUEL, E. P.; REZENDE, A. V.; GASPAR, R. O.; GATTO, A.; VALADÃO, M. B. X.; CARRIJO, J. V. N. Funções de densidade de probabilidade para estimativa das distribuições de variáveis dendrométricas em um povoamento clonal de eucalipto. **Revista Espacios**, v. 38, n. 16, 2017.

MACHADO, S. A.; SANTOS, A. A. P.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; ZAMIN, N. T. Modelagem da distribuição diamétrica de quatro espécies de Lauraceae em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Ciências Exatas e Naturais**, v. 12, n. 1, 2010.

MARANGON, G. P.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SCHNEIDER, P. R.; LOUREIRO, G. H. Modelagem da distribuição diamétrica e espécies lenhosas da Caatinga, semiárido Pernambucano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 863-874, jul.-set., 2016.

R Development Core Team (2011). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

SANTOS, E. S.; LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; ABREU, J. C.; SOTTA, E. D. Distribuição diamétrica para *Virola surinamensis* (Rol.) Warb na Floresta Estadual do Amapá- FLOTA/AP. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 13, n. 1, 2013.

SANTOS, R. O.; ABREU, J. C.; LIMA, R. B.; APARÍCIO, P. S.; SOTTA, E. D.; LIMA, R. C. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

SCHULZE, M. et al. **Madeiras nobres em perigo**. Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 36, n. 214, p. 66-69, 2005.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: Modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras. UFLA/FAEPE. 2006, 393 p.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGO, J. A. A.; SOUZA, M. R. Madeiras tropicais brasileiras. 2. ed. Belém: IBAMA-Laboratório de Produtos Florestais, p. 82-83. 2002.

STURGES, H. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, v.21, n.153, p.65-66, 1926.

Capítulo 44

ANÁLISE DAS OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE ESTADUAL DE ITAÚNAS CONCEIÇÃO DA BARRA – ES

*Filipe Meneguelli¹, Nilton Cesar Fiedler¹, Antônio Henrique Cordeiro Ramalho¹,
Leonardo Duarte Biazatti¹, Felipe Patrício Das Neves¹*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: henriquecr2012@hotmail.com

Resumo: Com esta pesquisa objetivou analisar as ocorrências de incêndios no Parque Estadual de Itaúnas (PEI), localizado no Município de Conceição da Barra, no Espírito Santo. A metodologia utilizou como base para análise, o histórico de ocorrências de incêndios (ROIF) no período de 2014 a 2018, juntamente com de visitas a campo, para mapeamento e avaliação das ocorrências. Com esses dados foi possível avaliar as características das áreas queimadas, a quantidade de ocorrências e a avaliação da eficiência de combate. No período analisado, ocorreram 14 incêndios no PEI e em seu entorno, em praticamente todos os anos, sendo que em o 2014 apresentou o maior número de ocorrências (7 registros) e 2015 foi o ano mais crítico, representando cerca de 77% da área total queimada nesse período. As principais causas das ocorrências foram incêndios criminosos e perda de controle das queimadas controladas para a limpeza do terreno, suprimindo uma área total de 1794,62 hectares no período da pesquisa. A vegetação mais atingida foi a de turfa na região dos alagados, devido ao acúmulo de matéria orgânica na época das secas. Ressalta-se a necessidade de se estabelecer políticas públicas que permitam a conscientização dos produtores locais para o manejo do fogo.

Palavras chave: Proteção florestal; Unidades de Conservação; Áreas Protegidas, Eficiência de Combate; Histórico de fogo.

ANALYSIS OF FOREST FIRE OCCURRENCES IN ITAÚNAS STATE PARK - CONCEIÇÃO DA BARRA, ES

Abstract: With this research aimed to analyze the occurrence of fires in the Itaúnas State Park (PEI), located in the municipality of Conceição da Barra, Espírito Santo, state. The methodology used as a basis for analysis, the history of fire occurrences (ROIF) from 2014 to 2018, along with field visits, for mapping and evaluation of occurrences. With these data it was possible to evaluate the characteristics of the burned areas, the number of occurrences and the evaluation of combat efficiency. In the period analyzed, there were 14 fires in and around PEI, practically every year, and in 2014 had the highest number of occurrences (7 records) and 2015 was the most critical year, representing about 77% of the area. total burned in this period. The main causes of the occurrences were arson and loss of control of controlled fires to clear the land, suppressing a total area of 1794.62 hectares during the research period. The most affected vegetation was peat in the flooded region, due to the accumulation of organic matter during the dry season. We emphasize the need to establish public policies that allow the awareness of local producers regarding fire management.

Keywords: Forest protection; Conservation units; Protected Areas, Combat Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

O fogo sempre interferiu de maneira significativa na vida humana, influenciando nos mais diversos aspectos, no entanto, o mesmo se apresenta como um problema recorrente no âmbito ambiental, sendo este responsável por problemas ambientais, econômicas e humanas, não só no Brasil, mas também no mundo. Os incêndios florestais causam impactos consideráveis ao ambiente, como os danos à fauna e flora naturais, além de consequências econômicas consideráveis, como a destruição de habitats, a queima de madeira e os custos para controlá-lo (SANTOS; SOARES; BATISTA, 2006).

Nesta problemática de ocorrência de incêndios, segundo o IBAMA (2009), as Unidades de Conservação (UCs) são consideradas áreas críticas. Visto que, a conjuntura dos grandes incêndios florestais em UCs é considerada como uma grave ameaça à manutenção dos processos biológicos e à biodiversidade (FIEDLER; MEDEIROS, 2004). Santos et al. (2015) corroboram que o fogo é particularmente danoso às áreas pequenas, cujos ecossistemas são muito sensíveis, às áreas reservadas a monoculturas agrícolas e as regiões que abrigam espécies raras ou ameaçadas de extinção e alertam para o fato de que, as UCs brasileiras são vulneráveis, pois apresentam uma ou mais destas características.

Torres et al. (2016) definem os períodos de maior incidência de fogo, nas Unidades de conservação brasileiras, como sendo os meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, com maiores valores de insolação. Segundo Pereira et al. (2004), as principais causas de incêndios em UCs é o uso indevido do fogo na renovação de pastagens e na limpeza de restos de cultura nas propriedades vizinhas. Pode-se citar também as causas naturais, como raios; a negligência e imprudência humana; a perda do controle de queimadas e incendiários (BRASIL, 2000).

Para o combate e prevenção dos incêndios, é necessário investir tanto na manutenção de aceiros quanto na conscientização e treinamento do pessoal envolvido (TEBALDI et al., 2013, p.539 apud FIEDLER et al., 2006; FIEDLER; MEDEIROS, 2004). Oliveira (2002), no entanto, defende que o modelo mais ponderado é aquele definido segundo as condições particulares dos incêndios locais e cada variável de acordo com as características da área de estudo.

Os estudos baseados em padrões históricos de ocorrência de incêndios florestais exercem grande importância na predição e consequente combate aos sinistros. Com esta pesquisa objetivou-se analisar as áreas de ocorrências de incêndios florestais no Parque Estadual de Itaúnas, no estado do Espírito Santo, nos anos de 2014 a 2018, por meio de histórico de ocorrências de incêndios e baseando-se nas variáveis de coordenadas geográficas; a data de ocorrência; o horário de comunicação; o tempo de mobilização e deslocamento (horário de chegada e saída); a distância de deslocamento; o tempo de combate; a área queimada; o horário de saída para retorno; a necessidade de apoio; as características da área queimada, segundo o tipo de vegetação atingida; os gastos necessários para o combate.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Parque Estadual de Itaúnas (PEI), localizado no município de Conceição da Barra, no extremo norte do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas geográficas 18°20' /18°25' S e 39°40' /39°42' W. A área total do parque é de 3.481,1542 ha. A Figura 1 mostra toda a área do PEI e sua localização.

Figura 1. Localização do Parque Estadual de Itaúnas, no estado do Espírito Santo

O clima da região do PEI, segundo a classificação de Köppen, é tipo Aw, ou seja, apresenta clima tropical sazonal, manifestando maiores taxas de precipitação nos meses de verão e as menores nos meses de inverno. O período chuvoso ocorre entre os meses de setembro e janeiro, responsável pela precipitação pluviométrica anual de 1200mm. A temperatura média é de 24°C e a umidade, de 83%.

Por meio do manuseio de um GPS da marca Garmin, modelo Map60CSX, foram coletadas *in loco* as coordenadas geográficas das ocorrências de incêndios florestais, referente ao período de 2014 a 2018. As informações foram obtidas dos Relatórios de Ocorrência de Incêndios Florestais (ROIF) feito pelo PREVINES (Programa Estadual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais). Os dados dos incêndios ocorridos foram disponibilizados pelo banco de dados localizado na central do Parque. Com a análise das informações obtidas, foi possível realizar o confronto das áreas de ocorrência de incêndios florestais nos anos considerados no estudo.

De posse dos dados coletados com GPS foram criados arquivos vetoriais pontuais relativos a cada ano do estudo (2014 a 2018) denominados de “Mapa das Ocorrências de Incêndios” e gerou-se um mapa agrupando todas essas ocorrências. A amostra corresponde ao dia 1 de janeiro de 2014 ao dia 05 de março de 2018, compreendendo um período de quatro anos. A primeira etapa da pesquisa consistiu na organização dos dados no registro de ocorrência de incêndios. As informações foram reunidas pelos funcionários do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) em campo, durante a execução do combate. Para cada variável analisada, foi necessário realizar uma filtragem dos dados, conforme a necessidade.

No registro de ocorrência de incêndios, as informações foram compiladas segundo as coordenadas geográficas; a data de ocorrência; o horário de comunicação; o tempo de mobilização e deslocamento (horário de chegada e saída); a distância de deslocamento; o tempo de combate; a área queimada; o horário de saída para retorno; a necessidade de apoio; as características da área queimada, segundo o tipo de vegetação atingida; os gastos necessários para o combate.

A partir dos dados dos incêndios coletados em campo, foram realizadas as análises e os levantamentos para obtenção dos resultados, segundo as condições de combate e a gravidade do incêndio. Os incêndios foram organizados de acordo com as classes de tamanho. A Tabela 1 refere-se às classes de tamanho dos incêndios florestais, conforme Tebaldi et al. (2013).

Tabela 1. Classes de tamanho dos incêndios florestais

Classe	Área queimada pelo incêndio (ha)
I	0 – 0,09
II	0,1 – 4,0
III	4,1 – 40,0
IV	41,0 – 200,0
V	> 200,0

Fonte: TEBALDI et al. (2013).

Quanto maior a confluência de ocorrências nas classes I e II, mais eficiente é o sistema de combate, ou seja, as equipes de combate encontraram o alvo ainda de forma inicial, com no máximo 4,0 hectares, sendo o limite da classe II, de área atingida pelo fogo. A incidência de incêndios nas classes IV e V se constitui como um indicador da deficiência do sistema de prevenção e combate. Foi avaliado também o tempo de Mobilização, que consiste no período entre o recebimento da informação da existência do fogo e a saída do pessoal para o combate. A mobilização foi avaliada de acordo com classes de tempos (TABELA 2), estabelecidas conforme a distribuição deste parâmetro, com base no banco de dados.

Tabela 2. Classe de tempos de Mobilização

Classe	Tempo de Mobilização (min)
I	< 1
II	1 a 5
III	> 5 a 10
IV	> 10 a 15
V	> 15

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características das áreas queimadas

Por meio das coordenadas geográficas e do software *Google Earth Pro*, realizou-se a configuração do layout de localização das ocorrências de incêndio no período de 2014 a 2018. Por meio do mapa das ocorrências de incêndios florestais, é possível observar a localização dos incêndios nos anos considerados para o estudo (FIGURA 2).

Figura 2. Mapa das ocorrências de Incêndios florestais entre os anos de 2014 a 2018

Fonte: Autores (2020).

Observando a figura podemos perceber que próximo a vila de Itaúnas e as estradas de acesso ocorreram o maior número de incêndios causados por ação antrópica.

Tabela 3. Ocorrências dos incêndios, a partir dos respectivos anos de ocorrência, latitudes e longitudes em metros, com suas respectivas áreas atingidas, tipos de vegetação afetada, causa de incêndio e gastos de combate

Incêndio	Ano	Longitude	Latitude	Área afetada (ha)	Tipo de vegetação afetada	Causa	Gastos
1	2014	421932	7960375	0,65	Turfa	Atividade Agropecuária: Limpeza de Área	5,1
2	2014	424679	7963012	0,5	Turfa	Desconhecida	5,1
3	2014	422601	7946474	0,25	Vegetação Exótica	Desconhecida	---
4	2014	422696	7946862	0,12	Vegetação Exótica	Adversa: Queima de lixo	---
5	2014	425168	7962050	1,9	Restinga e Turfa	Adversa: Vandalismo	2,1
6	2014	420533	7960721	264	Floresta Ombrófila, Turfa e Vegetação Exótica	Adversa: Vandalismo	---
7	2014	424546	7963953	100,17	Turfa	Desconhecida	430
8	2015	425117	7965160	2,86	Restinga e Vegetação Exótica	Atividade Agropecuária: Limpeza de Pasto	---
9	2015	426197	7966482	12,89	Restinga	Acidente: Rompimento de cabo de alta tensão	1232,66
10	2015	428225	7970529	1390,16	Restinga, Turfa e Vegetação Exótica	Adversa: Queima de lixo	198922,2
11	2017	425122	7965085	0,74	Restinga e Vegetação Exótica	Acidente: Rompimento de cabo de alta tensão	---
12	2017	425282	7965456	20	Restinga e Vegetação Exótica	Acidente: Rompimento de cabo de alta tensão	---
13	2018	422917	7951697	0,4	Restinga	Desconhecida	---
14	2018	423648	7962811	0,1	Vegetação Exótica	Desconhecida	---

Em 2014, uma área de 367,42 hectares de extensão (TABELA 4), constituída pelo PEI e seu entorno, foi atingida por sete incêndios. No ano de 2015, foram queimados 1.405,91 hectares, ocasionado por três incêndios. O maior deles tomou 1.390,16 hectares e foi causado pela queima indevida de lixo, originando um gasto de R\$198.922,20. Foram necessários 27 dias e cerca de 1079 pessoas para combater o fogo, e contou com a presença do IEMA, do corpo de bombeiros, de funcionários da Prefeitura, além parceiros e voluntários. Em 2016 não foi reportado nenhuma ocorrência de incêndio. Já em 2017, uma área de 20,74 hectares foi atingida. No ano de 2018, até o dia 05 de março, foram reportados dois incêndios, que atingiram cerca de 0,5 hectares.

No período de quatro anos, foi atingida uma área 1.794,62 hectares, aproximadamente 51% da área total do parque, tendo um gasto de combate de cerca de R\$200.597,16. Foram destruídas vegetações locais, como a região de alagados, parte da restinga e da floresta ombrófila, além da vegetação exótica.

A Tabela 4 junta as ocorrências por ano e área atingida no respectivo ano.

Tabela 4. Ocorrências por ano e tamanho dos incêndios

Ano	Ocorrências de incêndio	Área afetada (ha)
2014	7	367,47
2015	3	1405,91
2016	0	0
2017	2	20,74
2018	2	0,5
Total	14	1794,62

A Tabela 5 mostra a porcentagem da área em hectares destruída de cada tipo de vegetação, relativo ao total da área estudada.

Tabela 5. Área em hectares, dos tipos de vegetação atingidas por incêndios

Tipo de vegetação	Área (ha)	% Relativa ao total da área de estudo
Alagado	958,47	27,53
Floresta Ombrófila	8,45	0,24
Restinga	525,23	15,09
Vegetação exótica	303,36	8,71

A vegetação mais suprimida foi a turfa, na região de alagados, cuja devastação corresponde à 27,53% em relação à área total do PEI, devido à ação do fogo nos últimos quatro anos. O combate do fogo em região de alagados é complicado, pois em período de secas formam-se materiais vegetais decompostos, com excelentes características combustíveis, as chamadas turfas (MILLARD; PEREIRA; SOUZA, 2009, dejetos orgânicos altamente inflamáveis e subterrâneos, que dificulta o acesso às áreas atingidas e o combate ao fogo. Em seguida, nota-se que a área de Restinga é o segundo tipo de vegetação suprimida pelo fogo, correspondendo a 15,09 % da área total do Parque queimada.

3.2. Quantidade de ocorrências nas etapas de combate aos incêndios

A Tabela 6 refere-se ao levantamento do tempo de mobilização aos incêndios, em cinco intervalos de classes de tempo. Tempo de mobilização consiste no tempo do recebimento da informação do incêndio e a saída para combate.

Tabela 6. Intervalos de classes para tempo de mobilização

Classe	Tempo de mobilização (min)	Quantidade de ocorrências	Frequência relativa (%)
I	< 1	4	28,57
II	1 a 5	1	7,14
III	> 5 a 10	2	14,29
IV	> 10 a 15	3	21,34
V	> 15	4	28,57
Total	---	14	100

Fonte: Autores (2020).

Os dados mostram que 50% das ocorrências estão situadas nas classes IV e V, o que é preocupante, pois foram necessários mais de 10 minutos para mobilização da equipe. Para uma mobilização eficiente, é ideal que a maioria das ocorrências estejam situadas nas classes I e II.

Para analisar os dados referentes ao tempo gasto do início do combate até o final, foram definidas classes de tempo para o período de combate, dispostos na Tabela 7 a seguir.

Tabela 7. Intervalo de classes de tempo de combate

Classe	Tempo de combate (min)	Quantidade de ocorrências	Frequência relativa (%)
I	< 15	2	14,29
II	15 – 30	0	0
III	31 – 45	1	7,14
IV	46 – 60	1	7,14
V	61 – 120	2	14,29
VI	121 – 180	2	14,29
VII	> 180	6	42,85
Total	---	14	100

Fonte: Autores (2020).

Os combates correspondentes às classes I a IV, com menos de 60 minutos de duração, constituem 28,57% do total de combates registrados, o que representa deficiência. A classe VII apresenta o maior número de ocorrências demonstra que 42,85% dos combates estão dentro de um intervalo de > 180 minutos, sendo considerado um alto número de ocorrências, cabendo ao gestor estabelecer medidas efetivas de combate e melhor planejamento de combate.

3.3. Avaliação da eficiência de combate de acordo com a área queimada

A Tabela 8 refere-se as classes de tamanho dos incêndios florestais no período analisado.

Tabela 8. Intervalo de classes de tamanhos de área queimada

Classe	Tamanho (ha)	Quantidade de ocorrências	Frequência relativa (%)
I	0 – 0,09	0	0
II	0,10 – 4,00	9	64,28
III	4,10 – 40,00	2	14,29
IV	41,00 – 200,00	1	7,14
V	> 200,00	2	14,29
Total	---	14	100

Fonte: Autores (2020).

Os resultados mostraram uma elevada eficiência do sistema de combate aos incêndios florestais, pois a grande maioria das ocorrências (64,28%) se encontram na classe II. No entanto, em 35,72% das ocorrências a área queimada foi elevada, resultando em um prejuízo maior para o Parque, onde o mesmo deverá entrar com melhorias, principalmente nas etapas de combate onde foram encontradas significativas quantidades de ocorrências de incêndios em intervalos de classes maiores, nas análises realizadas de forma específica.

4. CONCLUSÃO

As vegetações mais afetadas pelos incêndios foram as restingas, turfas e Vegetação Exótica;

As queimadas realizadas por produtores da região para limpeza do terreno foram registradas como a principal causa dos incêndios;

É preciso estabelecer políticas públicas em nome da conscientização dos produtores na região para o manejo do uso do fogo. As medidas preventivas englobam a educação ambiental, por meio de palestras, divulgação pelos meios de comunicação, formação e treinamento de brigadistas para o combate aos incêndios florestais.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo (FAPES) que atuaram como instituições de apoio as pesquisas realizadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC, Lei nº 9.985 de julho de 2.000.**

FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. **Ciência Florestal**, v. 16, n.2, p. 153-161, 2006.

FIEDLER, N. C.; RODRIGUES T. O.; MEDEIROS, M. B. Avaliação das condições de trabalho, treinamento, saúde e segurança de brigadistas de combate a incêndios florestais em unidades de conservação do Distrito Federal – Estudo de Caso. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 55-63, 2006.

IBAMA. **Roteiro Metodológico para a Elaboração de Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais.** Brasília, 2009.

MAILLARD, P.; PEREIRA, D. B.; SOUZA, C. G. Incêndios florestais em veredas: conceitos e estudo de caso no Peruaçu. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 4, n 61, 2009.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios florestais no norte de Santa Catarina.** 2002, 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PEREIRA, C. A.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Análise de ações de prevenção e combate aos incêndios florestais em unidades de conservação do cerrado. **Floresta**, v. 34, n. 2, p. 95-100, 2004.

SANTOS, W. S. et. al. Estimativa dos riscos de ocorrência de incêndios florestais no Parque Estadual do Pico do Jabre, na Paraíba. **Revista Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 80-84, 2015.

SANTOS, W. S.; SOARES, V. R.; BATISTA, A.C. Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002. **Floresta**, Curitiba, PR. v. 36, n. 1, p. 93-100, 2006.

SILVA, R. G. **Manual de prevenção e combate aos incêndios florestais**. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, p.106, 1998.

TEBALDI, A. L. C. et al. Ações de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais nas Unidades de Conservação Estaduais do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 538-549, 2013.

TORRES, F.T.P et al; Perfil dos Incêndios Florestais em Unidades de Conservação Brasileiras no Período de 2008 a 2012; **Floresta**, Curitiba, v.46, n.4, p.531- 542; out./dez, 2016.

Capítulo 45

ZONEAMENTO DE APTIDÃO À COLHEITA DE MADEIRA MECANIZADA NA MICRORREGIÃO CENTRAL SERRANA DO ESPÍRITO SANTO

Antônio Henrique Cordeiro Ramalho¹, Nilton Cesar Fiedler¹, Ruan Specimille Falcão¹,
Fernanda Dalfior Maffioletti¹, Eduardo Cordeiro Ramalho²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil

² Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, Brasil Autor correspondente:
henriquecr2012@hotmail.com

Resumo: A busca por maior produtividade florestal alavancou a implementação de sistemas de colheita mecanizada no Brasil. Porém, a variação de características edafoclimáticas, de vegetação e de relevo tornam-se empecilhos para a utilização desses sistemas em algumas regiões. Assim, com o presente estudo, objetivou-se avaliar a aptidão das áreas da microrregião Central Serrana, do Espírito Santo à implementação da colheita mecanizada de madeira de *Eucalyptus* pelo sistema de toras curtas. Para tal, realizou-se a multiplicação dos mapas de zoneamento edafoclimático do *Eucalyptus*, uso e ocupação da terra, declividade e áreas impróprias. Foram definidas as zonas de aptidão com base nas condições edafoclimáticas para a espécie avaliada, sendo as temperaturas entre 19 e 26°C, déficit hídrico de 30 a 210 mm e precipitação média anual entre 900 e 1800 mm, definidas como aptas. O uso e ocupação da terra foi classificado como apto, apto com restrição tipo II, apto com restrição tipo III e inapto. Para as classes de aptidão referentes à declividade, foram criadas três categorias: apta (0 – 27°), apta com restrição tipo I (27,1 – 35°) e inaptas (>35°). Os resultados demonstraram que a microrregião apresenta 21,36% de toda a sua área apta à implementação de colheita mecanizada de madeira do *Eucalyptus* e 74,73% inaptas. O município com maior aptidão da região é Itaguaçu e o mais inapto é Santa Maria de Jetibá, com 21.193,30 hectares e 67.424,33, respectivamente. Com isso foi possível concluir que é preciso avaliar todas as variáveis apresentadas nesse estudo para implantar um plantio florestal, haja visto que não adianta ter características ótimas para plantar e não conseguir colher e vice-versa. Itaguaçu é o município mais favorável à implementação de sistemas de colheita mecanizada da microrregião Central Serrana do estado do Espírito Santo e Santa Maria de Jetibá é o menos favorável.

Palavras chave: Sistema de toras curtas; Harvester; Forwarder; SIG.

APTITUDE ZONEING OF MECHANIZED WOOD HARVESTING IN THE CENTRAL SERRANA MICRO-REGION OF THE ESPÍRITO SANTO STATE, BRAZIL

Abstract: The search for greater forest productivity has boosted the implementation of mechanized harvesting systems in Brazil. However, the variation of edaphoclimatic, vegetation and relief characteristics become obstacles to the use of these systems in some regions. Thus, the present study aimed to evaluate the suitability of the areas of the Central Serrana microregion of Espírito Santo state to implement mechanized harvesting of *Eucalyptus* wood by the short log system. For that, the *Eucalyptus* edaphoclimatic zoning maps, land use and occupation, slope and improper areas were multiplied. For this, the suitability zones were defined based on the edaphoclimatic conditions for the evaluated species, with temperatures between 19 and 26°C, water deficit of 30 to 210 mm and annual average rainfall between 900 and 1800 mm, defined as suitable. Land use and occupation was classified as fit, fit with type II restriction, fit with type III restriction and unfit. For the slope classes, three categories were created: fit (0 - 27°), fit with restriction type I (27.1 - 35°) and unfit (> 35°). The results showed that the microregion has 21.36% of its entire area suitable for the implementation of mechanized harvesting of *Eucalyptus* wood and 74.73% inapt. The most apt municipality in the region is Itaguaçu and the most inept is Santa Maria de Jetibá, with 21,193.30 hectares and 67,424.33, respectively. With this it was possible to conclude that it is necessary to evaluate all the variables presented in this study to implement a forest planting, given that it is no use having optimal characteristics to plant and not being able to harvest, and vice versa, Itaguaçu is the most favorable municipality to implement mechanized harvesting systems of the Central Serrana microregion of the state of Espírito Santo and Santa Maria de Jetibá is the least favorable.

Keywords: Cut to length; Harvester; Forwarder; GIS.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possuía 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas em 2016. O setor de florestas plantadas brasileiro e seus 7,84 milhões de hectares cultivados, é responsável por cerca de 90% de toda a matéria prima das indústrias do ramo da celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa do país. O setor gera receita bruta de R\$ 73,8 milhões, traduzido em 6,1% do PIB industrial brasileiro. No estado do Espírito Santo, sexto maior produtor de eucalipto, o setor corresponde a 25% do PIB do agronegócio e gera 80 mil empregos diretos e indiretos (CEDAGRO, 2011; IBÁ, 2017).

Dado a importância dos empreendimentos florestais no agronegócio do estado do Espírito Santo, as empresas vêm sempre buscando novas técnicas para elevar a produtividade, suprir a demanda de madeira e incrementar novas tecnologias no setor. Essa crescente demanda por madeira tem impulsionado a necessidade da expansão das áreas florestais e a busca por técnicas que facilitem a colheita (SIMÕES et al., 2010).

O conjunto de operações que culminam na preparação e retirada da madeira do interior dos talhões para as margens das estradas ou pátios intermediários é denominado colheita de madeira. Esse conjunto de operações se resume no corte, carregamento, extração, descarregamento e arranjo das madeiras no local de transporte. Devido aos elevados custos que envolvem essa atividade, é preciso ter muita atenção, pois fatores como a topografia do terreno, o rendimento volumétrico do povoamento, o tipo de floresta, o destino do produto, as máquinas e equipamentos utilizados e a experiência dos operadores podem interferir diretamente no rendimento (MACHADO, 2014).

Apesar dos avanços do setor, o Brasil ainda possui certa carência no que diz respeito à tecnologia quando comparado com alguns outros países. Em muitos casos, os equipamentos empregados na colheita de madeira, são adaptados de máquinas da construção civil, o que acaba por limitar o acesso das mesmas às áreas declivosas (MACHADO, 2014; BRINATE, 2016).

O estado do Espírito Santo, em especial, apresenta algumas regiões que prevalecem os relevos com inclinações elevadas, justificando assim as pesquisas que envolvem a delimitação das áreas passíveis de utilização dos equipamentos de colheita de madeira. Sendo assim, com esse estudo objetivou-se realizar a prospecção de áreas aptas à mecanização da colheita de madeira na microrregião Central Serrana, localizada no Estado do Espírito Santo, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado para toda a extensão da microrregião Central Serrana do Espírito Santo (ES), situado na região Sudeste do Brasil, entre os meridianos de 40°30'00" a 41°06'00" longitude Oeste de Greenwich e os paralelos de 19°35'30" a 20°15'10" de latitude Sul (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

A microrregião conta com uma área total de 296549,42 ha e é subdividido em 5 municípios (Itaguaçu, Itarana, Santa Leopoldina, Santa Maria de Jetibá e Santa Teresa). De acordo com a classificação de Köppen, a microrregião se encaixa nas zonas climáticas A e C, sendo a primeira quente e úmida e a segunda tropical de altitude (KOTTEK et al., 2006).

O presente estudo seguiu uma ordem cronológica de execução de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma metodológico com os passos necessários para desenvolver a pesquisa

Para a confecção do zoneamento climático do *Eucalyptus*, foi utilizada uma série de dados meteorológicos de 30 anos referentes a 109 estações pluviométricas, localizadas no Espírito Santo e estados vizinhos. Os dados foram submetidos ao processamento do balanço hídrico agroclimatológico proposto por Thornthwaite e Matter (1955). As classes de declividade foram criadas a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE) proveniente do SRTM, com resolução espacial de 90m corrigida cartograficamente no sistema de coordenadas UTM, datum WGS 1984, obtidas no *Google Earth Engine*.

Aplicou-se a ferramenta *Slope* do software *ArcGis 10.3* no MDE para construir o mapa clinográfico (em graus) da região estudada. Com as classes de declividade geradas, procedeu-se com uma reclassificação das mesmas, de acordo com os resultados encontrados por Holzfeind,

Stampfer, Holzleitner (2018), Lopes et al. (2016) e Robert, Oliveira Brown e Castilla Ruy (2018) acerca das potencialidades da colheita mecanizada em diferentes inclinações. A Tabela 1 apresenta as classes de declividade utilizadas no presente estudo.

Tabela 1. Classes de aptidão à mecanização da colheita de madeira quanto à declividade

	Classes de declividade	Classes de aptidão
1	0 – 27°	Apta
2	27 – 35°	Restrição I*
3	> 35°	Inapta

Nota: * só é possível realizar a colheita de madeira mediante utilização do guincho de tração auxiliar.

O uso e ocupação da terra (UOT) foi obtido a partir do recorte aplicado sobre o arquivo vetorial, fornecido pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), relativo ao uso e ocupação da terra para o estado do Espírito Santo dos anos de 2012 a 2015. Para criar as classes de aptidão, baseou-se na possibilidade de cultivo de espécies florestais. Sendo assim, definiram-se as classes apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Classes de aptidão à mecanização da colheita de madeira quanto ao uso e ocupação da terra

	Classes de UOT	Classes de aptidão
1	Solo exposto, reflorestamento, pastagem e macega	Apta
2	Agricultura anual	Restrição II*
3	Outros	Restrição III**
4	Mata nativa, afloramento rochoso, edificações, brejos, agricultura perene, mineração, massas d'água, mangue, restinga e campo rupestre	Inapta

Nota: * só é possível cultivar espécies florestais, mediante a substituição das culturas já implantadas por plantios silviculturais; **Devido à falha na fotointerpretação, é indicado uma constatação presencial das reais condições do local.

Para realizar a combinação dos mapas, até então gerados, foram utilizadas as ferramentas *combine* (cruzar mapas de declividade, UOT e zoneamento edafoclimático) e *Update* (atualizar o mapa com as áreas impróprias), ambas presentes no software *ArcGis 10.3*.

Devido aos custos elevados de aquisição de maquinários e equipamentos (*Harvester* e *Forwarder*) utilizados no sistema mecanizado de colheita florestal em toras curtas, torna-se inviável a sua utilização em pequenas áreas. Sendo assim, a partir das informações geradas anteriormente, criou-se uma restrição onde áreas inferiores a 10 hectares seriam automaticamente consideradas inaptas.

Devido às diferenças de relevo, clima e temperatura existentes na região de estudo, realizaram-se recortes no mapa gerado na etapa anterior, a partir de dos arquivos vetoriais de delimitação dos 5 municípios pertencentes (Itaguaçu, Itarana, Santa Leopoldina, Santa Maria de Jetibá e Santa Teresa). Com isso, foram gerados mapas e tabelas de atributos individuais para cada uma dessas microrregiões, permitindo uma análise crítica mais minuciosa das mesmas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3A, 3B e 3C exibem os resultados, em porcentagem, encontrados para o zoneamento edafoclimático do *Eucalyptus*, as classes de declividade e de uso e ocupação da terra da área de estudo.

Figura 3. A) Zoneamento edafoclimático do *Eucalyptus*; B) Proporção de classes de declividade; e C) Proporção de classes de uso e ocupação da terra

A Tabela 3, apresenta os resultados acerca das classes de aptidão do zoneamento edafoclimático, da declividade da área e do uso e ocupação da terra de cada município da microrregião Central Serrana.

Tabela 3. Área, em hectares, por classe de aptidão ao zoneamento edafoclimático (ZE), declividade e UOT, por município

Municípios	ZE		Declividade			UOT			
	Apta	Inapta	Apta	R1	Inapta	Apta	R2	R3	Inapta
Itaguaçu	40007	11289	46469	3642	1184	24672	357	1539	24727
Itarana	22257	9014	27034	3383	853	11027	1162	1138	17943
Santa Leopoldina	55813	16457	59819	9395	3056	21226	2624	2216	46203
Santa Maria de Jetibá	32916	41416	68259	5488	584	22981	8649	3216	39485
Santa Teresa	48128	19254	59508	6130	1744	21935	1476	2334	41638

Nota: R1: Classe de restrição tipo I; R2: Classe de restrição tipo II; e R3: Classe de restrição tipo III.

De acordo com a Figura 3 e a Tabela 3, é possível perceber que a região Central Serrana do estado do Espírito Santo possui grande parte do seu território representado por áreas com características edafoclimáticas favoráveis para o cultivo de espécies florestais do gênero *Eucalyptus*. Essa proporção de 83,01%, em hectares, representa pouco mais de 246 mil hectares de terra.

O município mais apto à produção florestal do gênero estudado é Santa Leopoldina, com 55813 hectares de território classificados nessa classe de aptidão, o que representa 77% da área do município. Já o município com maior extensão de área inapta da microrregião, é Santa Maria de Jetibá, representada por 41.416 hectares de inaptidão (55% do seu território).

Em compensação, Santa Maria de Jetibá, apresenta relevos menos inclinados que as demais cidades da região. Esse fato pode ser observado na Tabela 3, em que o município foi o que apresentou maior proporção de áreas aptas à colheita de madeira mecanizada, em relação à declividade, representando cerca de 68259 hectares de terra nessa classe de aptidão.

Santa Leopoldina, por sua vez, apesar de apresentar grande proporção de área favorável ao plantio florestal, possui um grande empecilho para os empreendedores do setor florestal que desejam implantar seus cultivos nessa região, que são as inclinações severas. De acordo com a Tabela 3, cerca de 18% do território desse município apresenta relevos que só permitem a colheita de madeira com guincho de tração auxiliar ou nem permitem, por terem suas faixas de declividade entre 27 e 35° ou maiores que 35°.

Itaguaçu, município localizado ao sudoeste dessa microrregião, foi o que apresentou os melhores resultados quanto ao uso e ocupação da terra dentre os cinco avaliados. Esse fato ocorreu, pois, a pastagem, considerada uma cobertura apta à implantação de cultivos florestais, é a mais influente nesse município, representando cerca de 19 mil hectares, o que equivale a 37% do território municipal.

Já os municípios de Santa Leopoldina e Santa Maria de Jetibá, foram os que apresentaram a cobertura do solo menos interessantes para o plantio de florestas, destacando-se na classe inapta. Isso aconteceu por que, dentre os municípios estudados, esses são, respectivamente, os que mais detêm área coberta por florestas nativas, sendo cerca de 30 mil hectares em Santa Leopoldina e 26 mil em Santa Maria de Jetibá. Juntas, as matas nativas dessas duas cidades representam 29% da área da microrregião.

O mapa gerado após a multiplicação dos arquivos está apresentado na Figura 4.

Figura 4. Classes de aptidão

Nota: 1= Itaguaçu; 2 = Itarana; 3 = Santa Leopoldina, 4 = Santa Maria de Jetibá; e 5 = Santa Teresa.

A Tabela 4 apresenta a quantidade de área, em hectares, das classes de aptidão à mecanização da colheita de madeira, distribuídas de acordo com cada município.

Tabela 4. Áreas de classes de aptidão por município.

Municípios	Classes aptidão					
	Apta	R1	R2	R3	Inapta	Impróprias
Itaguaçu	21.193,30	49,91	0,00	35,01	30.017,33	0,00
Itarana	6.917,58	48,78	82,75	44,01	24.177,42	0,00
Santa Leopoldina	14.093,54	141,66	397,82	10,52	55.423,02	2.202,82
Santa Maria de Jetibá	5.755,24	122,21	1.029,54	0,00	67.424,33	0,00
Santa Teresa	15.369,95	104,05	135,61	0,00	44.581,11	7.191,90
Total	63329,62	466,60	1645,72	89,55	221623,22	9394,71

De acordo com a Tabela 4, após o cruzamento dos dados, Itaguaçu é o município que apresenta maior quantidade de área propícia à implantação e colheita de madeira mecanizada advinda de plantios de florestas do gênero *Eucalyptus*. Essa classificação mostra que áreas superiores a 10 hectares, com características edafoclimáticas, cobertura do solo e relevo favoráveis à implantação desses sistemas, representam 21.193,30 hectares desse município.

As características de relevo menos acidentado do município de Santa Maria de Jetibá não foram suficientes para tornarem essa, a cidade mais apta ao sistema proposto, pelo contrário, as características edafoclimáticas desfavoráveis ao cultivo de *Eucalyptus*, fizeram com que essa fosse a cidade com maior proporção de terra inapta (67 mil hectares).

Apenas Santa Teresa e Santa Leopoldina possuem regiões consideradas impróprias para a produção florestal, as chamadas unidades de conservação (UC's). Cerca de 3% da microrregião é influenciada por essa classe, o que representa cerca de 9.400 hectares.

4. CONCLUSÃO

É preciso avaliar todas as variáveis apresentadas nesse estudo (entre outras) quando pretende-se implantar um plantio florestal, haja visto que não adianta ter características ótimas para plantar e não conseguir colher, e vice-versa.

Itaguaçu é o município mais favorável à implementação de sistemas de colheita mecanizada da microrregião Central Serrana do estado do Espírito Santo.

O presente estudo apresenta metodologia clara e objetiva, permitindo sua reprodução para qualquer outra região do mundo.

Recomenda-se que em futuras pesquisas sejam incluídas análises quanto ao tipo do solo e sua influência no desempenho das máquinas florestais.

5. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são direcionados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo (FAPES) que atuaram como instituições de apoio às pesquisas realizadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

- BRINATE, I. B. **Colheita semimecanizada de eucalipto em áreas declivosas**. Jerônimo Monteiro – ES, 2016. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo.
- CEDAGRO - Centro de Desenvolvimento do Agronegócio. **Dimensionamento do mercado capixaba de produtos florestais madeiráveis**. (Relatório final). Vitória- ES, 111p, 2011.
- HOLZFEIND, T.; STAMPFER, K.; HOLZLEITNER, F. Productivity, setup time and costs of a winch-assisted forwarder. **Journal of Forest Research**, v. 23, n. 4, p. 196–203, 2018.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual**. 2017.
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 15, n. 3, p. 259 - 263, jun. 2006.
- LOPES, E. DA S. et al. Declividade do Terreno e Distância de Extração na Produtividade do Forwarder com Guincho de Tração Auxiliar. **Nativa**, v. 4, n. 6, p. 347–352, 2016.
- MACHADO, C.C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S; CASTRO, G. P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: Machado, C.C. (Ed.) **Colheita Florestal**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 15-45p., 2014.
- ROBERT, R. C. G.; OLIVEIRA BROWN, R.; CASTILLA RUY, C. Análisis económico de la cosecha mecanizada en repoblaciones de *Eucalyptus* spp. en sitios montañosos. **Madera y Bosques**, v. 24, n. 3, p. 1–12, 2018.
- SIMÕES, D.; IAMONTI, I. C., FENNER, P. T. Avaliação técnica e econômica do corte de eucalipto com feller-buncher em diferentes condições operacionais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, 649-656p., 2010.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balances. **Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology. 1955. 104p.

Capítulo 46

FLORÍSTICA E DIVERSIDADE DE VEGETAÇÃO
LENHOSA EM ÁREA DE CAATINGA

*Alexandro Dias Martins Vasconcelos¹, Elbya Leão Gibson²,
Ikallo George Nunes Henriques³, Wellington de Sousa Santos³,
William de Sousa Santos³, Anderson Marcos de Souza¹*

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil

Autor correspondente: elbyagibson@hotmail.com

Resumo: A Caatinga constitui um bioma exclusivamente brasileiro, com vegetação e florística endêmica, complexa e diversificada, o que torna de grande importância o conhecimento da composição florestal do bioma. Dessa forma, objetivou-se conhecer a diversidade florística em três áreas de caatinga sob plano de manejo florestal na microrregião do Curimataú ocidental da Paraíba. Realizou-se o inventário florestal por meio da amostragem aleatória simples com unidades amostrais de 20 x 20 m, instalando-se 12 unidades na área I, 10 unidades na área II e 16 unidades na área III. Uma flora das três áreas estudadas foi representada por 13 famílias, 24 gêneros e 29 espécies, sendo 16 espécies comuns entre as áreas, o índice de similaridade de Jaccard (J) foi 0,8. O índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') para as áreas I, II e III foram iguais a 2,31, 1,94 e 2,56 nats.ind⁻¹, respectivamente. As famílias botânicas com maior número de indivíduos foram Fabaceae e Euphorbiaceae.

Palavras chave: Inventário florestal; Levantamentos florístico; Manejo Florestal.

FLORISTIC AND DIVERSITY OF LENHOSA VEGETATION IN AREA CAATINGA

Abstract: The Caatinga is an exclusively Brazilian biome, with endemic, complex and diversified vegetation and floristry, which makes it very important to know the forest composition of the biome. Thus, objective was to know the floristic diversity and the timber production in three areas of caatinga under a forest management plan in the micro-region of western Curimataú of Paraíba. The forest inventory was carried out by means of simple random sampling with sample units of 20 x 20 m, installing 12 units in area I, 10 units in area II and 16 units in area III. 13 families, 24 genera and 29 species, 16 species common among the areas represented Flora of the three areas studied, Jaccard (J) was 0.8. The diversity index of Shannon-Weaver (H') was: areas I $H' = 2.31$ nats.ind⁻¹, area II $H' = 1.94$ nats.ind⁻¹ and III $H' = 2.56$ nats.ind⁻¹. The botanical families with the highest number of individuals were Fabaceae and Euphorbiaceae.

Keywords: Forest Inventory; Floristic surveys; Forest management.

1. INTRODUÇÃO

O bioma Caatinga, localizado na região nordeste do Brasil, ocupa uma área de 844.453 km², abrangendo os estados do Ceará, Pernambuco, Bahia, Paraíba, Rio Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Piauí e Minas Gerais (IBGE, 2004). Dos biomas brasileiros, possui a terceira maior área de florestas naturais com quase 41,4 milhões de hectares e um volume de madeira estimado em cerca de 2,8 milhões de metros cúbicos (SFB, 2013).

No Estado da Paraíba o bioma recobre 5,1 milhões de hectares e se estende desde as áreas de maior altitude no Planalto da Borborema, distribuindo-se por toda a região oeste do Estado (APNE, 2015).

A vegetação do bioma é caracterizada pelo comportamento xerófilo e caducifólio de suas espécies lenhosas na estação seca, pela predominância do estrato herbáceo na estação chuvosa, além de cactáceas e bromeliáceas, apresentando-se heterogênea em suas fitofisionomias (DRUMOND et al., 2000; PRADO, 2003).

A região possui baixos índices pluviométricos, que associados às altas temperaturas é considerado um dos principais fatores para a ocorrência de “secas” (MOURA, 2017). Esses fatores, se associado ao relevo, tipos de solo e as intensidades das ações antrópicas influem diretamente na distribuição espacial das espécies nos diversos ecossistemas da caatinga.

Mesmo com os frequentes períodos de estiagem, o semiárido nordestino é uma das regiões mais populosas do mundo, havendo maior necessidade de se buscar por recursos naturais para abastecer o mercado energético como, olarias, panificadoras, pizzarias e restaurantes acarretando num aumento descontrolado da exploração (MEDEIROS et al., 2012; SANTOS et al., 2017).

Portanto, se faz necessário à implantação de métodos no qual se faça a exploração destes recursos serem de baixo impacto ao meio ambiente, reduzindo os riscos de degradação pela retirada da cobertura florestal. Uma alternativa a esta exploração são os planos de manejo florestal sustentável (PMFS) da vegetação nativa (SANTOS et al., 2017a; SFB, 2017).

O estudo da vegetação local é importante para o conhecimento florístico-fitos sociológico das espécies na área, pois possibilita conhecer a riqueza, o potencial volumétrico e sua distribuição por classes de diâmetro, permitindo um melhor gerenciamento destes recursos para inúmeros fins (SANTOS et al., 2017a).

Desta forma, objetivou-se conhecer a diversidade florística em áreas de caatinga sob planos de manejo florestal sustentável na microrregião do Curimataú ocidental da Paraíba.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com o apoio da Organização Não Governamental SOS sertão em três áreas de caatinga submetidas a regime de manejo florestal, as quais:

- Área I – Assentamentos Brandão I: Área sob manejo florestal 254,99 ha.
- Área II – Assentamento Brandão II: Área sob manejo florestal 162,89 ha.
- Área III – Assentamento Brandão III: Área sob manejo florestal 555,17 ha.

As áreas encontram-se no município de Cuité, microrregião do curimataú ocidental do Estado da Paraíba. O clima da região é quente e seco, com altitude de 667 m em relação ao nível do mar, topografia bastante acidentada, temperaturas oscilando entre 17°C e 28°C e média pluviométrica anual de 916,30 mm (SANTOS et al., 2014).

A vegetação encontrada na região é composta por florestas caducifólias e sub caducifólias, característica de áreas de agreste (CPRM, 2005). O rio curimataú é o principal da região (PTDRS, 2010). Em visita prévia, observou-se que nestas áreas a vegetação arbórea é densa, possuindo espécies de médio à grande porte, como a aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), braúna (*Schinopsis brasiliensis*), angico (*Anadenanthera columbrina*) e a catingueira (*Poincynella pyramidalis*).

Quanto aos tipos de solo, o município de Cuité-PB apresenta predominância de Neossolos e Luvisolos com pequenas faixas de Argissolos eutróficos na escala de 1:500.000 (EMBRAPA SOLOS, 1972).

O sistema de amostragem utilizado para a coleta de dados foi à aleatória simples (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2011), com as unidades amostrais de 20 m x 20 m (400 m²) demarcadas no sentido norte-sul. Em cada unidade amostral foi contabilizado os indivíduos vivos com altura acima de 1,5 m e Circunferência a Altura do Peito (CAP) igual ou superior a 6,0 cm obtidos com fita métrica a 1,3 m do solo e a altura total obtidas com vara graduada com precisão de 0,50 m. Durante as medições das árvores adultas cada fuste foi considerado um indivíduo seguindo as recomendações do comitê técnico científico da rede de manejo florestal da caatinga (RMFC, 2005).

No assentamento Brandão I foram alocadas 12 unidades amostrais, totalizando uma área amostral de 4.800 m². No assentamento Brandão II foram alocadas 10 unidades amostrais, totalizando uma amostral de 4.000 m²; e no assentamento Brandão III foram alocadas 16 unidades amostrais, e área amostral de 6.400 m².

Após a obtenção dos dados foram avaliados os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal e vertical das espécies (FELFILI e REZENDE, 2003), a diversidade florística pelo Índice de Shannon-Weaver (H'), dominância de Simpson (S), Equabilidade de Pielou (E') e Similaridade de Jaccard (J).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A flora das três áreas estudadas foi representada por 13 famílias, 24 gêneros e 29 espécies. Na área I foram registradas 12 famílias, 22 gêneros e 22 espécies. Na área II, foram identificadas 11 famílias, 20 gêneros e 20 espécies, já na área III, foram encontradas 10 famílias, 20 gêneros e 21 espécies. As famílias Fabaceae e Euphorbiaceae predominaram em número de espécies nas áreas I (31,8% e 18,2%), II (30% e 20%) e III (38,1% e 19%). Essas famílias representam 61,01% dos indivíduos nestas áreas.

Das 29 espécies amostradas, 16 apresentaram indivíduos em todas as áreas, sendo elas *M. urundeuva*, *S. brasiliensis*, *A. pyrifolium*, *C. leptophloeos*, *C. flexuosa*, *C. blanchetianus*, *M. glaziovii*, *Sebastiania* sp., *A. colubrina*, *B. cheilantha*, *L. férrea*, *M. ophthalmocentra*, *P. stipulacea*, *P. pyramidalis*, *G. graciliflora* e *Z. joazeiro*. Algumas espécies ocorreram apenas em uma ou outra área. As espécies *Capparis yco*, *Erythroxylum pauferrense*, *Sapium glandulosum*, *Senna acuruensis* e *Eugenia uvalha* foram exclusivas da área I. Já *Erythroxylum pungens*, *Mimosa tenuiflora* e *Senna macranthera* apresentaram indivíduos apenas na área III (Tabela 1).

Tabela 1. Relação de espécies florestais identificadas em três áreas de caatinga submetidas ao manejo florestal sustentável, Cuité, Paraíba – PB

Família	Espécie	Áreas		
		I	II	III
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> (Engl.) Fr. All.	x	x	x
	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	x	x	x
	<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.	-	x	x
Apocynaceae	<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	x	x	x
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.)	x	x	-
Bursaceae	<i>Cammiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillet	x	x	x
Capparaceae	<i>Capparis flexuosa</i> (L.) L	x	x	x
	<i>Capparis yco</i> (Mart.) Eichler	x	-	-
Combretaceae	<i>Thilsea glaucocarpa</i> (Mart.) Eichl	-	x	x
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum pauferrense</i> T. Plowman	x	-	-
	<i>Erythroxylum pungens</i> O. E. Schulz	-	-	x
Euphorbiaceae	<i>Croton conduplicatus</i> Kunth.	-	x	x

	<i>Croton blanchetianus</i> Baill	X	X	X
	<i>Manihot glaziovii</i> Müll. Arg.	X	X	X
	<i>Sebastiania</i> sp.	X	X	X
	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	X	-	-
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.)	X	X	X
	<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	X	X	X
	<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. Ex Tul.) L. P. Queiroz.	X	X	X
	<i>Mimosa arenosa</i> (Willd.) Poir.	X	X	X
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	-	-	X
	<i>Piptadenia stipulacea</i> (Benth.) Ducke	X	X	X
	<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L.P. Queiroz	X	X	X
	<i>Senna acuruensis</i> (Benth.) H.S.Irwin & Barneby var. <i>acuruensis</i>	X	-	-
	<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	-	-	X
	Morfoespécie I	-	-	X
Malvaceae	<i>Pseudobombax marginatum</i> (St.Hill., Juss. & Camb.) A. Robyns	X	X	-
Nyctaginaceae	<i>Guapira graciliflora</i> (Mart. ex Schmidt) Lundell	X	X	X
Myrtaceae	<i>Eugenia uvalha</i> Cambess	X	-	-
Rhamnaceae	<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	X	X	X
Morta	-	X	X	X
Desconhecida	-	X	-	-

A flora observada foi diversificada quanto ao número de famílias, gêneros e espécies. Santana et al. (2016), analisando a vegetação de fragmento de caatinga do Seridó/RN, encontraram resultados semelhantes com relação a família (12), gênero (20) e espécie (22), porém, com relação a densidade, observaram resultados superiores (4.080 indivíduos ha⁻¹). Lemos e Meguro (2015), em estudo na estação ecológica de Aiuaba/CE, observaram resultados superiores, nos quais identificaram 20 famílias, 47 espécies e uma densidade de 6.014 ind.ha⁻¹. De acordo com Pereira et al. (2001), tais variações podem ser explicadas devido a heterogeneidade apresentada pelo bioma quanto ao relevo, solo e pluviosidade.

As famílias Fabaceae e Euphorbiaceae foram dominantes nas três áreas estudadas, sendo, geralmente, as mais representativas na maioria dos estudos desta natureza em florestas de caatinga (RAMALHO et al., 2009; SOUZA & MEDEIROS, 2013; ALVES et al., 2017; SILVA et al., 2014; MARANGON et al., 2013).

Grande parte das espécies dessas famílias possui grande importância para os produtores rurais e mercadores de carvão e lenha na região semiárida, sendo fundamental fonte de energia doméstica e comercial (MEDEIROS NETO et al., PAES et al., 2013; MACHADO et al., 2010), e possuindo elevada importância na confecção de estacas, mourões e utilização na construção civil (FRANCELINO et al., 2003). No entanto, é de fundamental importância a exploração correta deste recurso natural.

Com relação à diversidade de espécies avaliadas através do índice de diversidade de Shannon-Weaver (H') foram: área I H' = 2,31 nats.ind⁻¹, área II H' = 1,94 nats.ind⁻¹ e III H' = 2,56 nats.ind⁻¹.

Quanto à distribuição das espécies nas áreas estudadas, avaliadas pelo índice de equabilidade de Pielou (E), observou-se na área I E = 0,72, área II E = 0,63 e área III E = 0,80, indicando semelhanças na distribuição das espécies em suas respectivas áreas.

Os valores encontrados para o índice de Simpson (C), o qual indica a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso pertencerem à mesma espécie foram, na área I C = 0,82, área II C = 0,76 e III C = 0,90, valores considerados elevados.

A semelhança das espécies entre as áreas estudadas (I, II e III), avaliada pelo índice de similaridade de Jaccard (J) foi 0,8, sendo consideradas similares.

A diversidade de espécies, avaliada pelo índice de Shannon-Weaver (H') nas áreas de estudo foram considerada medianas ao compararmos com Santos et al. (2017a), ao caracterizarem a vegetação de caatinga no município de Upanema-RN, obtendo valores de H' = 2,28 nats.ind⁻¹.

Semelhante aos encontrados nas áreas I e III e superior a área II, Leite et al., (2015) em estudo quantitativo de vegetação lenhosa de caatinga no município de Teixeira-PB, mesorregião serra do Teixeira, encontraram $H' = 2,69 \text{ nats.ind}^{-1}$. Valores inferiores foram observados por Pessoa et al. (2008) ao realizarem estudo da cobertura vegetal em áreas de caatinga sob diferentes formas de manejo em Apodi-RN, área sob manejo silvipastoril $H' = 1,10$ e área de reserva legal $H' = 0,86 \text{ nats.ind}^{-1}$.

Quanto ao índice de equabilidade de Pielou (E), os valores foram considerados médios ao comparar aos estudos de Santos et al. (2017b) com $E = 0,68$ e Leite et al. (2015) com $E = 0,70$, ambos em área de caatinga na microrregião serra do Teixeira.

Para o índice de Simpson (C), valores superiores foram encontrado por Leite et al. (2015) $C = 0,99$ em área de caatinga, Teixeira-PB, indicando maior diversidade de espécies na área com relação as áreas estudadas neste estudo.

Quanto à similaridade das áreas, Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) enfatizam que áreas consideradas similares são aquelas cujo índice é superior a 0,25.

4. CONCLUSÃO

As famílias botânicas com maior número de indivíduos foram Fabaceae e Euphorbiaceae. A diversidade de espécies foi considerada mediana se comparada a estudos realizados em áreas de caatinga no Estado da Paraíba.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. L. B; ALVES, A. R; BARRETO, F. R. S; HOLANDA, A. C. Análise Florística e Estrutural de uma Área de Caatinga Preservada no Município de Mossoró/RN. **Conexão Ciência e Tecnologia**, v.11, n.1, p. 8-15, 2017.
- CPRM – Serviço geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cuité**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento exploratório**: Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. 1972.
- FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e Métodos em Fitossociologia**. Brasília: UnB, Departamento de Engenharia Florestal, 2003. 68 p. (Comunicações Técnicas Florestais).
- FRANCELINO, M. R; FERNANDES FILHO, E. I; RESENDE, M; LEITE, H. G. Contribuição da caatinga na sustentabilidade de projetos de assentamentos no sertão norte-rio-grandense. **Revista Árvore**, v.27, n. 1, p. 79-86, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v27n1/15925.pdf>>.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Biomas e de Vegetação**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 21 out. 2017.>
- LEITE, J.A.N.; ARAÚJO, L.V.C.; ARRIEL, E.F.; CHAVES, L.F.C.; NÓBREGA, A.M.F. Análise quantitativa da vegetação lenhosa da Caatinga em Teixeira, PB. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.82, p.89-100, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4336/2015.pfb.35.82.584>>.

[LE MOS, J. R.; MEGURO, M.](#) Estudo fitossociológico de uma área de Caatinga na Estação Ecológica (ESEC) de Aiuaba, Ceará, Brasil. **Biotemas**, v. 28, n.2, p. 39-50, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/21757925.2015v28n2p39>>.

MACHADO, M. F.; GOMES, L. J.; MELLO, A. A. Caracterização do consumo de lenha pela atividade de cerâmica no Estado de Sergipe. **Revista Floresta**, v.40, n.3, p.507-514, 2010.

MARANGON, G. P; FERREIRA, R. L. C; SILVA, J. A. A; LIRA, D. F. S; SILVA, E. A; LOUREIRO, G. H. Estrutura e Padrão Espacial da Vegetação em uma Área de Caatinga. **Revista Floresta**, v.43, n.1, p.83-92, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/rf.v43i1.27807>>.

MEDEIROS NETO, P. N.; OLIVEIRA, E.; PAES, J. B. Relações entre as características da madeira e do carvão vegetal de duas espécies da Caatinga. **Floresta e Ambiente**, v.21 n.4. p. 484-493, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/floram/v21n4/aop_051313.pdf>.

MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande/PB, Instituto Nacional do Semiárido (INSA), 103 p. ISBN: 978-85-64265-04-2. Disponível em: <<http://livroaberto.ibict.br/handle/1/941>>.

MOURA, M. S. B. **Precipitação e evaporação**. Agência Embrapa de Informação tecnológica. EMBRAPA, 2017. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g798rt3p02wx5ok0wtedt3nd3c63l.html>. Acesso: 04/08/2017.

MUELLER-DOMBOIS. D; ELLENBERG H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons; 1974.

PAES, J. B.; LIMA, C. R.; OLIVEIRA, E.; MEDEIROS NETO, P. N. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. **Floresta e Ambiente**, v.20, n.4, p.550-555, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2013.022>>.

PEREIRA, I. M; ANDRADE, L. A; COSTA, J. R. M; DIAS, J. M. Regeneração natural em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasiliensis**, v. 15, n. 3, p. 413-426, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062001000300010>>.

PESSOA, M. F; GUERRA, A. M. N. M; MARACAJÁ, P. B; LIRA, J. F. B; DINIZ FILHO, E. T. Estudo da cobertura vegetal em ambientes da caatinga com diferentes formas de manejo no assentamento Moacir Lucena, Apodi – RN. **Revista Caatinga**, v.21, n.3, p.40-48, 2008. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/787/399>>.

PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL. **Território do Curimataú – PB**. Paraíba: PTDRS, 2010.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

RAMALHO, I.C; ANDRADE, A.P; FÉLIX, L.P; LACERDA, A.V; MARACAJÁ, P.B. Flora arbóreo-arbustiva em Áreas de Caatinga no Semiárido baiano, Brasil. Mossoró: **Revista Caatinga**, v.22, n.3, p. 182-190, 2009.

REDE DE MANEJO FLORESTAL DA CAATINGA – RMFC: **Protocolo de medições de parcelas permanentes**. Comitê Técnico Científico. - Recife: Associação Plantas do Nordeste, 21p., 2005.

SANTOS, W. S.; HENRIQUES, I. G. N.; SANTOS, W. S.; RAMOS, G. G.; VASCONCELOS, G. S.; VASCONCELO, A. D. M. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. **Agropecuária científica do semiárido - ACSA**, v.13, n.3, p.203-211, 2017b. Disponível em:

<<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/882/pdf>>.

SANTOS, W. S.; SOUZA, M. P.; NÓBREGA, G. F. Q.; MEDEIROS, F. S.; ALVES, A. R.; HOLANDA, A. C. Caracterização florístico-fitosociológica do componente lenhoso em fragmento de caatinga no município de Upanema-RN. **Revista Nativa**, v.5, n.2, p.85-91, 2017a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05n02a02>>.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 272 p. (primeira reimpressão).

SOUZA, G. F & MEDEIROS, J. F. **Fitossociologia e Florística em Áreas de Caatinga na Microbacia Hidrográfica do Riacho Cajazeira-RN**. Pau dos Ferros: GEO, v.3, n.1, p. 161-176, 2013. Disponível em:

<<http://periodicos.uern.br/index.php/geotemas/article/viewFile/587/369>>.

Capítulo 47

AJUSTES DE MODELOS HIPSOMÉTRICOS PARA UM TESTE CLONAL DE EUCALIPTOS, EM CATALÃO, GOIÁS

Rodrigo de Sousa Oliveira¹, Daniela Minini², Jéssica Leite André Oliveira³, Dalton Ribeiro⁴, Cristiane Aparecida Floravante Reis⁵, Evandro Novaes⁶

¹ Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás (UFG), Brasil

⁴ Supervisor Florestal, CMOC International Brasil Catalão-GO, Brasil

⁵ Pesquisadora Embrapa Florestas, Brasil

⁶ Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (Ufla), Brasil

Autor correspondente: rodrigo.oliveiraflorestal@hotmail.com

Resumo: A eucaliptocultura tem papel importante na economia nacional e recentemente os plantios comerciais de eucaliptos migram para novas áreas, nas regiões centrais do Brasil, e com isso há uma carência de estudos silviculturais para eucalipto nestes novos ambientes. Desta forma, objetivou-se com este trabalho ajustar modelos hipsométricos tradicionais para um plantio clonal multiespécies de eucalipto (*C. citriodora*, *C. torelliana*, *E. brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. platyphylla*, *E. resinifera*, *E. saligna*, *E. tereticornis* e *E. urophylla*) aos seis anos de idade, no município de Catalão, Goiás. Foram selecionadas ao acaso 80 árvores representativas do plantio para ajustar e 240 árvores para validar os 10 modelos hipsométricos. Para selecionar os melhores modelos foram verificados a significância da regressão, o coeficiente de determinação (R^2), o coeficiente de correlação (r), o erro padrão da estimativa em porcentagem ($Sy_x\%$) e a análise gráfica dos resíduos. A maioria dos modelos avaliados apresentou altos valores de r e R^2 e baixas taxas de erro. Os modelos ajustados Hiperbólico e Naslund foram os mais apropriados para a estimação da altura total a partir dos dados de DAP de clones multiespécies no Cerrado goiano.

Palavras chave: Eucaliptocultura, Hiperbólico, Modelagem Florestal, Naslund.

ADJUSTMENTS OF HIPSOMETRIC MODELS FOR A CLONAL EUCALYPTUS TEST, IN CATALÃO, GOIÁS

Abstract: Eucalyptus culture plays an important role in the national and recently commercial eucalyptus plantations migrate to new areas in the central regions of Brazil, and with this there is a lack of silvicultural studies to eucalypt in these new environments. This way this study aimed to adjust traditional hypsometric models for a six-year-old clonal multispecies eucalyptus plantation (*C. citriodora*, *C. torelliana*, *E. brassiana*, *E. camaldulensis*, *E. cloeziana*, *E. grandis*, *E. pellita*, *E. platyphylla*, *E. resinifera*, *E. saligna*, *E. tereticornis* e *E. urophylla*) in the municipality of Catalão, Goiás. Eighty representative trees were selected at random to adjust and 240 trees to validate the 10 hypsometric models. To select the best models, the significance of the regression, the coefficient of determination (R^2), the correlation coefficient (r), the standard error of percentage estimation ($Sy_x\%$) and the graphical analysis of the residuals were verified. Most of the models evaluated presented high values of r and R^2 and low error rates. The adjusted models Hyperbolic ($Dbh/\sqrt{H} = 0,8504 + 0,1461Dbh$) and Naslund ($\sqrt{Dbh^2/(H-1,3)} = 0,9353 + 0,1464Dbh$) were the most appropriate for the estimation of the total height from the DBH of multispecies clonal in the Cerrado of Goiás.

Keywords: Eucalyptus culture, Hyperbolic, Forest modeling, Naslund.

1. INTRODUÇÃO

A demanda por madeira reflorestada para diversos fins tem feito com que os plantios, antes localizados nas regiões do bioma mata atlântica, passassem a ocupar áreas interioranas do país, onde predomina o bioma cerrado. O gênero *Eucalyptus* ocupa maior parte das áreas de florestas comerciais no Brasil, sendo responsáveis por 72,3% da área total reflorestada, que ocupa 7,84 milhões de hectare (IBÁ 2017). O Estado de Goiás possui apenas 130 mil hectares plantados e boa parte dessa produção é destinada ao uso bioenergético (IBÁ 2017; Reis et al., 2017).

A mensuração da altura em povoamentos florestais é de grande importância para estimar o volume e a quantificação da produtividade em determinado local, sendo fundamental no planejamento da produção florestal (RIBEIRO et al., 2010). Diferentemente do diâmetro a altura do peito (DAP), a altura total não é fácil de ser mensurada. Na grande maioria das situações, a altura é medida de forma indireta por meio de aparelhos óticos baseados em princípios trigonométricos, tornando essa atividade demorada e dispendiosa, com considerável margem de erro durante a medição das alturas (SILVA et al., 2012).

Outro método para a obtenção da altura total de um povoamento florestal é o ajuste de relações hipsométricas a partir de amostras da floresta, contendo os diâmetros a altura do peito (DAP) e as respectivas alturas totais das árvores. Esse procedimento é muito empregado em florestas homogêneas, tais como plantios clonais de eucalipto, pois diminui o esforço na obtenção das alturas e, em geral, apresenta boa precisão (SILVA et al., 2012). A modelagem hipsométrica é um aspecto importante a ser considerado nos inventários florestais (SOUZA et al., 2017).

Estas relações entre altura e diâmetro diferem para distintos tipos florestais, bem como numa mesma tipologia florestal para diferentes sítios, devido a heterogeneidade ambiental. Diante disso, torna-se fundamental o ajuste de modelos e a seleção dos mais adequados para estimar a altura total de um plantio específico, ou para uma espécie, ou gênero, em uma região de interesse, reduzindo consideravelmente os custos do inventário florestal (SOUZA et al., 2017).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo ajustar modelos hipsométricos tradicionais para um plantio clonal multiespécies de eucalipto (*Corimbya* sp. e *Eucalyptus* sp.) no Cerrado goiano, com a finalidade de indicar os que melhor descrevem a relação entre altura total e DAP.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um teste clonal multiespécies de eucalipto aos seis anos de idade. Neste plantio é totalizado 94 clones de espécies puras e clones híbridos, instalado em um delineamento de blocos completos casualizados com 29 repetições em parcelas de árvore única. O espaçamento entre árvores é de 3,0 m x 3,0 m. A área de estudo, com 2,45 hectares, pertence a mineradora CMOB Internacional Brasil, no município de Catalão, em Goiás, sob as coordenadas Latitude: 18°10'05,04" (S) e 47°51'22,15" (O), em uma altitude média de 850 metros.

O clima da região é classificado como Aw, segundo Köppen, com estações seca e chuvosa bem delimitadas, com precipitação pluvial média anual de 1485 mm, concentrada entre outubro e março, e temperatura média anual de 22,2 °C. O solo é caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura médio-argilosa.

Foram selecionados 20 clones (*C. torelliana* x *C. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. grandis* x (*E. urophylla* x *E. tereticornis*), *E. pellita* x *E. grandis*, *E. resinifera* x *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, *E. urophylla* x *E. grandis*). Selecionou-se ao acaso 4 árvores de cada um destes clones, totalizando 80 indivíduos que foram abatidos para cubagem rigorosa. Dessa forma, foram mensuradas in loco: a altura total, em metros, e o diâmetro a altura do peito (DAP), em centímetros, com uma suta florestal. Para a validação dos modelos foram mensurados mais 12 indivíduos para cada clone selecionado, totalizando 240 árvores. Estas árvores tiveram sua altura total mensuradas em pé com auxílio do hipsômetro Vertex Håglof e o

DAP mensurado com auxílio de uma fita dendrométrica. Ao todo foram avaliados 10 modelos hipsométricos tradicionais na literatura (SOUZA et al., 2017) (Tabela 1).

Inicialmente, realizou-se a análise exploratória dos dados por meio de parâmetros da estatística descritiva, para identificar inconsistências na mensuração dos dados, detectando eventuais *outliers* (Tabela 2). Para a escolha do melhor modelo hipsométrico foram considerados os seguintes indicadores estatísticos: a significância da regressão (valor de p), obtida por sua análise de variância; o coeficiente de determinação (R^2); coeficiente de correlação ($r_{yy'}$) entre os valores estimados pelos modelos e os valores mensurados; o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{xy}\%$) e análise gráfica dos resíduos. Já a análise dos resíduos foi realizada plotando-se o erro residual percentual em função da altura que é a variável resposta nos modelos. A significância da regressão visa testar a sua existência ou não. Caso o valor de p seja significativo a uma dada probabilidade ($p < \alpha$) a regressão existe e conclui-se que pelo menos uma variável independente está relacionada com o valor da variável dependente (FERREIRA et al., 2018). Os coeficientes de regressão (β) tiveram sua significância validada por meio do teste t .

Tabela 1. Modelos hipsométricos, tradicionais e propostos, utilizados para a mensuração da altura total (Ht) das árvores a partir dos diâmetros (DAP)

	Modelos hipsométricos	Autores
1	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$	Linear - Campos e Leite (2002)
2	$H = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon_i$	Henriksen (1950)
3	$H = \beta_0 + \beta_1 DAP + \beta_2 DAP^2 + \varepsilon_i$	Parabólico - Trorey (1932)
4	$\ln(H) = \beta_0 + \beta_1 \ln(DAP) + \varepsilon_i$	Stoffels
5	$H = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP^2) + \varepsilon_i$	Assmann
6	$H = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Curtis (1957)
7	$\sqrt{DAP^2/(H-1,3)} = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$	Naslund
8	$DAP/\sqrt{H} = \beta_0 + \beta_1 DAP + \varepsilon_i$	Hiperbólico - Naslund
9	$\ln(H-1,3) = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Pollanschutz
10	$1/\sqrt{H} = \beta_0 + \beta_1 (1/DAP) + \varepsilon_i$	Petterson

Nota: H: altura total da árvore (m); DAP: diâmetro à altura do peito medido a 1,3 m do solo (cm); Ln: logaritmo neperiano; β_0 , β_1 e β_2 : coeficientes da regressão; ε_i : erro aleatório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva das variáveis utilizadas no ajuste e na validação da modelagem da relação hipsométrica, permitiu observar uma grande amplitude para diâmetro a altura do peito (DAP), embora o plantio seja coetâneo (Tabela 2). Os indivíduos utilizados para o ajuste dos modelos apresentaram valores extremos para DAP de 4,00 cm a 25,97 cm. A variação observada para a altura total foi menor, com coeficiente de variação (CV%) em torno de 15%, embora os valores extremos apresentem elevada amplitude (Tabela 2). Uma maior heterogeneidade dos valores de altura e diâmetro certamente implicará em uma diminuição da correlação entre estas variáveis (RUFINO et al., 2010). Fatores genéticos, qualidade de sítio, grau de competição e condições edafoclimáticas influenciam o crescimento das espécies florestais (CALDEIRA et al., 1996). Assim, a heterogeneidade observada pode estar associada a fatores edafoclimáticos e, principalmente, às diferenças entre os clones.

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis dendrométricas para um plantio clonal multiespécies de eucalipto, no município de Catalão, Goiás

Parâmetros	Ajuste DAP (cm)	Altura (m)	Validação DAP (cm)	Altura (m)
Desvio Padrão (s)	3,9254	4,0409	4,0856	4,1231
Média	17,90	26,30	17,95	26,34
CV%	21,93	15,37	22,76	15,65
Valor Mínimo	4,00	9,00	7,50	11,50
Valor Máximo	25,97	31,00	27,85	32,50

Estes clones são constituídos por diferentes combinações genotípicas, onde cada uma responde diferentemente as condições ambientais e consequentemente apresentando um crescimento diferenciado entre si. Todos os modelos ajustados foram significativos a 1% de probabilidade ($p\text{-valor} < 0,01$), corroborando a existência de regressão, ou seja, pelo menos uma variável independente está relacionada com a variável dependente dos modelos. Os menores valores de p foram observados para os modelos Hiperbólico e Naslund (Tabela 3). Os modelos ajustados mostraram baixos valores de erro percentual padrão da estimativa ($S_{xy}\%$) variando entre 4,70 e 5,04% (Tabela 3). Estes baixos valores de $S_{xy}\%$ podem estar associados a baixa variabilidade da altura total entre os diferentes genótipos avaliados.

Os modelos ajustados apresentaram valores de coeficiente de determinação superiores a 70%, ficando em torno de 80% (Tabela 3), indicando uma boa correlação entre altura e DAP (CAMPOS & LEITE, 2017). Os modelos Hiperbólico e Naslund apresentaram R^2 próximos a 95%, apresentando alta explicação para a obtenção da altura por meio dos dados diamétricos. O modelo de Assmann apresentou o menor R^2 (0,49), indicando que este modelo apresenta uma menor capacidade de estimar a altura a partir dos dados de DAP.

Em povoamentos de *E. cloeziana* e de híbridos de *E. urophylla* x *E. grandis*, aos 18 meses de idade, em Planaltina, Distrito Federal, foram encontrados valores semelhantes de R^2 para os modelos Linear (0,80 e 0,87), Trorey (0,81 e 0,88), Stoffels (0,84 e 0,90), Hiperbólico (0,93 e 0,95) e Henriksen (0,77 e 0,84) (MORAES NETO et al., 2010). Estes autores ainda observaram um R^2 inferior para o modelo de Assmann, (0,32 e 0,25).

Tabela 3. Coeficientes da regressão (β_0 , β_1 e β_2); Coeficiente de correlação ($r_{yy'}$) entre os valores estimados e os valores reais, coeficiente de determinação ajustado (R^2), o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{xy}\%$) e p-valor associado a regressão dos modelos hipsométricos ajustados para um teste clonal multiespécies de eucalipto, em Catalão, Goiás

	Modelos hipsométricos	β_0	β_1	β_2	$r_{yy'}$	R^2_{aj}	$S_{xy}\%$	p-valor
1	Linear - (2002)	10,2385*	0,8970*		0,87	0,76	4,72	7,8 x 10-26
2	Henriksen (1950)	-11,0675*	13,0958*		0,90	0,82	4,72	1,9 x 10-30
3	Parabólico - Trorey (1932)	1,0343*	2,3981*	-0,0465*	0,91	0,83	4,77	1,1 x 10-30
4	Stoffels	1,4344*	0,6376*		0,89	0,84	4,88	1,3 x 10-32
5	Assmann	28,0701*	-408,08*		0,70	0,49	4,72	4,5 x 10-13
6	Curtis (1957)	34,1514*	-129,673*		0,84	0,71	4,95	1,6 x 10-22
7	Naslund	0,9353*	0,1464*		0,91	0,95	4,95	2,1 x 10-52
8	Hiperbólico - Naslund	0,8504*	0,1461*		0,91	0,96	4,93	4,0 x 10-55
9	Pollanschütz	3,6402*	-7,2527*		0,90	0,83	4,89	1,2 x 10-31
10	Petterson	0,1496*	0,7922*		0,91	0,95	4,86	2,0 x 10-36

SOUZA et al. (2017) observaram para 17 modelos hipsométricos em um plantio com o híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* aos oito anos, em Pacajá, Pará, valores de R^2 variando entre 0,54 a 0,99. Estas diferenças nos coeficientes de determinação para os mesmos modelos aplicados a plantios com espécies, locais e idades diferentes evidenciam a sua dependência das condições de sítio e da espécie ou clone avaliado.

Foi observado que o erro padrão percentual ($S_{xy}\%$), encontrado para todos os modelos avaliados neste estudo (Tabela 3), foram menores que nos estudos de relação hipsométrica para o gênero *Eucalyptus* mencionados anteriormente (MORAES NETO et al., 2010; RUFINO et al., 2010) e semelhantes aos encontrados por SOUZA et al. (2017). MORAES NETO et al. (2010) relataram um $S_{xy}\%$ entre 10,0% e 30,0%. RUFINO et al. (2010) notaram $S_{xy}\%$ entorno de 10,0%, enquanto SOUZA et al. (2017) detectaram um $S_{xy}\%$ entre 2,44% e 5,74%.

Com relação a distribuição dos resíduos, a maioria dos modelos avaliados mostraram considerável heterogeneidade, principalmente para as classes diamétricas mais extremas, sendo mais acurados nas classes intermediárias (Figura 1). Os modelos Linear e Henriksen apresentaram uma distribuição de resíduos com tendência negativa (Figura 1). Já o modelo de Assmann apresentou a maior heterogeneidade, resultando em estimativas de altura total menos precisas que os demais modelos (Figura 1).

Figura 1. Distribuição de resíduos em função da altura (m) para um plantio clonal multiespécies de eucalipto, no município de Catalão, Goiás

Os modelos de Torey, Stoffels, Pollanschutz e Pettersson apresentaram a melhor adesão ao eixo horizontal da dispersão gráfica dos resíduos (Figura 1). Os estudos mencionados anteriormente mostraram resultados para a distribuição de resíduos semelhantes aos encontrados neste trabalho. Para MORAES NETO et al. (2010) o modelo Hiperbólico foi um dos modelos que melhor aderiu ao eixo horizontal no gráfico de distribuição dos resíduos para os genótipos avaliados, enquanto os modelos Linear e Torey apresentaram maiores dispersões dos resíduos.

Adicionalmente, foi realizada a correlação entre os valores estimados e os mensurados no plantio ($r_{yy'}$). Foi observado uma correlação variando entre 0,70 e 0,91, demonstrando que os

valores estimados pelos modelos correspondem aos verdadeiros valores de altura total entre 70% e 91%, respectivamente. Estas correlações foram significativas a 1% de probabilidade, o que dá confiabilidade aos valores estimados pelos modelos. O modelo de Assmann, que apresentou o pior ajuste, também apresenta uma correlação moderada com os valores mensurados (0,70). Da mesma forma, os modelos Hiperbólico e Naslund, de melhor ajuste, apresentaram correlação muito forte entre seus valores estimados e os valores observados (0,91).

Assim, considerando-se a significância dos coeficientes da regressão e as melhores medidas de qualidade de ajuste e uma distribuição de resíduos aleatória e homogênea em torno da média zero, os modelos Hiperbólico e Naslund foram considerados mais satisfatórios para as estimativas de altura total, em metros, do povoamento clonal multiespécies de eucalipto (*Corymbia* sp. e *Eucalyptus* sp.). O modelo Hiperbólico é um dos melhores para estimar alturas em espécies florestais, como pode ser observado em plantios do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. cloeziana* (MORAES NETO et al., 2010; SANTOS et al., 2014).

Outros modelos têm sido relatados para a estimação da altura total em plantios de eucalipto. SOARES et al. (2004) selecionaram o modelo de Stoffels ao realizarem ajustes para um povoamento de *E. grandis* W. Hill ex Maiden com idades variando entre 4 e 7 anos. O modelo de Trorey foi descrito como ideal para estimar a altura total em plantios de *E. urophylla* (RUFINO et al., 2010). Mas ressalta-se que estes últimos estudos não ajustaram os modelos Hiperbólico e Naslund.

4. CONCLUSÃO

Os modelos ajustados Hiperbólico e Naslund, mostraram as melhores medidas de qualidade de ajuste para a relação altura-diâmetro. Portanto, estes modelos se mostraram apropriados para a estimativa da altura total em plantios clonais multiespécies de eucalipto.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de estudo, à CMOC International Brasil pelo fornecimento da área de estudo e à CLONAR e SUZANO Papel e Celulose por disponibilizarem os materiais genéticos avaliados.

REFERÊNCIAS

- CALDEIRA, M.V.W.; TONINI, H.; HOPPE, J.M.; WATZLAWICK, L.F.; SELLE, G.L. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p.1-13, 1996.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H.; G. **Mensuração Florestal: Perguntas e Respostas**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 636 p.
- FERREIRA, P. V. **Estatística Experimental Aplicada às Ciências Agrárias**. Viçosa: Editora UFV, 2018. 588 p.
- Indústria brasileira de Árvores (2017) **Relatório Anual 2017**: ano base 2016. IBÁ, Brasília, 80 p.
- MORAES NETO, S. P.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MUNHOZ, D. J. M.; GUMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHÃO, R. L. **Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus grandis* em Sistemas Agrossilvipastoril**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010.

REIS, C. A.F.; NETO, A. T.; BRUNCKHORST, A.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; PEREIRA, A. V.; MORAES, A.C. **Cenário do setor de florestas plantadas no estado de Goiás**. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 80 p.

RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; MELLO, J. M.; FERREIRA, M. Z. Estratégias e metodologias de ajuste de modelos hipsométricos em plantios de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, v. 16, n. 1, p. 22-31, 2010.

RUFINO, R. F.; MIGUEL, E. P.; SANTOS, G. A.; SANTOS, T. E. B.; SOUZA, F. Ajuste de modelos hipsométricos para um povoamento de eucaliptos conduzido sobre o sistema de rebrota. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1-10, 2010.

SANTOS, M. L.; BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTEN, A. É. A.; RODRIGUES, R. P.; SANTOS, C. R. Estimativa da relação hipsométrica para um povoamento de *Eucalyptus* “urograndis” no município de Mojú, nordeste paraense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19. p. 1039-1048, 2014.

SILVA, G. F.; CURTO, R. A.; SOARES, C. P. B. PIASSI, L. C. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.341-348, 2012.

SOARES, T. S.; SCOLFORO, J. R. S.; FERREIRA S. O.; MELLO, J. M. Uso de diferentes alternativas para viabilizar a relação hipsométrica no povoamento florestal. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6. p. 845-854, 2004.

SOUZA, A. S.; SANTOS, J. X.; SOUZA, D. V. Modelagem da relação hipsométrica para um povoamento híbrido de eucalipto na Amazônia brasileira. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1.m p. 44-53 2017.

Capítulo 48

FITOSSOCIOLOGIA EM UM FRAGMENTO DE CAATINGA NO MUNICÍPIO DE IRAUÇUBA, CEARÁ

Alexandro Dias Martins Vasconcelos¹, Jaqueline Rocha de Medeiros²,
Ikallo George Nunes Henriques³, Robson José de Oliveira⁴,
Anderson Marcos de Souza¹, Dione Dambrós Raddatz¹

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasil

² Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

³ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil

⁴ Colégio Técnico de Teresina, Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil

Autor correspondente: jaquelinerocha256@gmail.com

Resumo: Objetivou-se com esta pesquisa realizar um estudo fitossociológico do componente florestal em um fragmento de Caatinga no município de Irauçuba, Ceará. Os seguintes parâmetros fitossociológicos foram estudados: densidade, frequência, dominância e valor de importância. Foram amostrados 1810 indivíduos, distribuídos em 21 espécies. Constatou-se de acordo com os parâmetros analisados que a área estudada apresentou composição florística diversificada. A família botânica que apresentou maior número de indivíduos foi Fabaceae. O *Croton blanchetianus* apresentou a maior densidade absoluta, o maior valor de dominância foi encontrado para a *Mimosa tenuiflora*. As espécies com maior número de indivíduos e maiores valores de importância da área foram *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Piptadenia stipulacea*, *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa caesalpinifolia*.

Palavras chave: Estrutura da vegetação; Manejo sustentável; Diversidade da vegetação; Inventário florestal.

PHYTOSOCIOLOGY IN A CAATINGA FRAGMENT IN IRAUÇUBA CITY, CEARÁ.

Abstract: Objective of this research to carry out a phytosociological study of the forest component in a Caatinga fragment in the municipality of Irauçuba, Ceará. The following phytosociological parameters studied: density, frequency, dominance and value of importance. 1810 individuals were sampled, distributed in 21 species. It was verified according to the analyzed parameters the studied area presented diversified floristic composition. The botanical family that reached the largest number of candidates was Fabaceae. *Croton blanchetianus* presented the highest absolute density, the highest dominance value was found for *Mimosa tenuiflora*. He species with the largest number of individuals and the highest values of importance of the area were *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Piptadenia stipulacea*, *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa caesalpinifolia*.

Keywords: Vegetation structure; Sustainable management; Vegetation diversity; Forest Inventory.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga constitui um bioma de fisionomia tropical xerófila, caducifólia e florística variada, com forte presença de endemismo e elevada heterogeneidade Dias & Kiill, (2008); Vasconcelos et al., (2017). O bioma possui o menor percentual de áreas conservadas dentre os biomas brasileiros, ainda é pouco conhecido, de forte pressão antrópica e que causam mudanças nos componentes tanto de riqueza e diversidade como florísticos.

Conhecer a florística e como os vegetais estão distribuídos é importante para entender os processos dos ecossistemas, e, também, serve como ferramenta para preencher as lacunas a respeito das áreas de Caatinga (CAMPOS et. al., 2016).

A análise da fitossociologia em florestas secas como a Caatinga estabelece uma concepção detalhada da diversidade de espécies vegetais e de como elas estão distribuídas em determinado ambiente (SOUZA, 2009).

A fitossociologia constitui uma ferramenta fundamental na determinação das espécies mais importantes dentro de uma determinada comunidade. Os levantamentos fitossociológicos possibilitam avaliar a necessidade de medidas voltadas para a preservação e conservações das unidades florestais (CHAVES et. al., 2013).

Objetivou-se nesta pesquisa realizar um estudo fitossociológico do componente florestal em um fragmento de Caatinga no município de Irauçuba, Ceará.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na comunidade Saco do Vento, zona rural do município de Irauçuba-CE na Mesorregião do Noroeste Cearense e Microrregião de Sobral. A região apresenta uma variação na altitude com predominância de relevo suave-ondulado.

A região apresenta solos poucos desenvolvidos, associados a afloramentos de rocha, formado por rochas metamórficas de alto grau, predominando gnaisses migmatizados e solos aluviais. O clima da região é tropical quente, apresentando temperatura média entre 26° a 30°C, com precipitações em torno dos 539 mm anuais, com irregularidade de características de aridez acentuada e uma das menores pluviometrias do estado (CPMR, 2004).

A metodologia de inventário utilizada foi a amostragem casual simples

A realização do levantamento fitossociológico ocorreu em uma área com tamanho de 120 ha, em que alocou-se 14 parcelas com dimensões de 20 x 20 m, totalizando uma área de 400 m², resultando numa área inventariada de 5.600 m².

Para efeito de medição, foram considerados todos os indivíduos arbustivos, arbóreos vivos e mortos em pé, inseridos nas parcelas com circunferência à altura do peito (CAP) maior ou igual a seis centímetros ($CAP \geq 6$ cm). Esse critério foi escolhido para obter melhor conhecimento da regeneração e conservação dos recursos florestais locais. A altura total (HT) foi medida da base da árvore até o topo do ramo mais alto, com auxílio de uma vara graduada em metros (aproximação de 0,50 metros)

Os indivíduos florestais inventariados foram identificados *in loco* por suas características dendrológicas (formato, textura, odores, exsudados das folhas, casca e caule; formato da copa). As espécies foram classificadas pelo sistema APG II (2003), sendo classificadas até o nível de espécie.

A partir desses dados, foram calculados a densidade relativa (DR), densidade absoluta (DA), dominância absoluta (DoR), frequência relativa (FR), frequência absoluta (FA) e índice valor de importância (VI).

A tabulação e posterior processamento dos dados obtidos em campo foram realizados utilizando a planilha eletrônica Excel 2013 e o *software* MATA NATIVA versão 3.01

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área possui uma formação florestal de fitofisionomia de Caatinga arbustiva arbórea aberta, com altura média de 4 metros.

No estudo realizado nessa parcela foram identificados 1810 indivíduos, pertencentes a 11 famílias e 21 espécies (Tabela 1).

Tabela 3. Análise fitossociológica do componente florestal. Os valores estão em ordem decrescente de IVI

Espécie	Família	n	Da	dr	Fa	fr	Doa	dor	ivi
<i>Croton blanchetianus</i>	Euphorbiaceae	672	1200	37,12	100	10,60	1,64	19,03	22,26
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Fabaceae	227	405,35	12,54	85,71	9,09	2,21	25,70	15,78
<i>Piptadenia stipulacea</i>	Fabaceae	281	501,78	15,52	100	10,60	1,06	12,30	12,81
<i>Poincianella pyramidalis</i>	Fabaceae	177	316,07	9,77	78,57	8,33	1,09	12,71	10,28
<i>Mimosa caesalpinhiifolia</i>	Fabaceae	127	226,78	7,01	78,57	8,33	0,87	10,19	8,51
Morta	-	79	141,07	4,36	78,57	8,33	0,49	5,71	6,14
<i>Bauhinia cheilantha</i>	Fabaceae	77	137,50	4,25	71,43	7,57	0,18	2,19	4,68
<i>Auxemma onocalyx</i>	Boraginaceae	43	76,78	2,37	57,14	6,06	0,40	4,72	4,39
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	Apocynaceae	50	89,28	2,76	57,14	6,06	0,13	1,59	3,47
<i>Capparis flexuosa</i>	Capparaceae	30	53,57	1,65	42,86	4,54	0,11	1,34	2,51
<i>Combretum leprosum</i>	Combretaceae	10	17,85	0,55	35,71	3,78	0,02	0,28	1,54
<i>Libidibia ferrea</i>	Fabaceae	6	10,71	0,33	35,71	3,78	0,01	0,10	1,41
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Fabaceae	5	8,92	0,27	14,29	1,51	0,19	2,25	1,35
<i>Commiphora leptophloeos</i>	Burseraceae	4	7,14	0,22	28,57	3,03	0,06	0,78	1,35
<i>Sida acuta</i>	Malvaceae	5	8,92	0,27	21,43	2,27	0,00	0,08	0,88
<i>Ximania americana</i>	Olacaceae	4	7,14	0,22	14,29	1,51	0,02	0,33	0,69
<i>Lithraea molleoides</i>	Anacardiaceae	3	5,35	0,16	14,29	1,51	0,03	0,37	0,69
Inderterminada	-	6	10,71	0,33	7,14	0,75	0,01	0,16	0,42
<i>Croton echinoides</i>	Euphorbiaceae	2	3,57	0,11	7,14	0,75	0,003	0,04	0,3
<i>Amburana cearensis</i>	Fabaceae	1	1,78	0,05	7,14	0,75	0,002	0,020	0,28
<i>Ziziphus joazeiro</i>	Rhamnaceae	1	1,78	0,05	7,14	0,75	0,001	0,020	0,28
Total		1810	3232,14	100	942,86	100	8,621	100	100

Nota: Em que N= número de indivíduos, FA= Frequência Absoluta (%), FR= Frequência Relativa (%), DA= Densidade Absoluta (ind ha⁻¹), DR= Densidade Relativa (%), DoA= Dominância Absoluta (m² ha⁻¹), DoR= Dominância Relativa (%), IVI= Índice de Valor de Importância.

As espécies que se encontraram mais distribuídas na área estudada foram *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Piptadenia stipulacea*, *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa caesalpinhiifolia*, apresentando os maiores valores de Frequência Absoluta, Densidade Absoluta, Densidade Relativa, Dominância Absoluta e Dominância Relativa, respectivamente.

Vasconcelos (2017) identificou 15 famílias, 49 espécies, para quase mil indivíduos, evidenciando elevada diversidade em área de Caatinga no estado do Piauí. Lima e Coelho (2018), caracterizando a composição florística e estrutura de um fragmento de caatinga em Iguatu-CE, verificaram que componente lenhoso da área apresentaram 36 espécies, 29 gêneros e 13 famílias. Sendo que a Fabaceae constitui a família com maior número de espécies.

A família Fabaceae possui grande importância nas características ecológicas no bioma Caatinga, uma vez que suas espécies contribuem com serviços ecossistêmicos realizados pelas mesmas, como por exemplo, suas raízes apresentam associações simbióticas com microrganismos fixadores de nitrogênio que contribui para o auto-fornecimento do mesmo, e melhora as propriedades do solo (GUREVITCH et al. 2009; LPWG, 2013).

As espécies *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Piptadenia stipulacea*, *Poincianella pyramidalis* e a *Mimosa caesalpinhiifolia* apresentaram os maiores índices de valor de importância (IVI), com 22,26%, 15,78%, 12,81%, 10,28%, 8,51% respectivamente (Figura 3). O IVI indica o quanto uma espécie é importante ecologicamente num ecossistema, que é constituído pela soma de todos os valores dos parâmetros relativos (VASCONCELOS, 2017).

Figura 3. Espécies com os maiores valores de importância (IVI), amostrados em fragmento de caatinga no município de Irauçuba, Ceará

Medeiros et. al., (2018), observaram os maiores IVI nas espécies *As espécies*, *Pocianella pyramidalis*, *Aspidosperma pyrifolium*, *Mimosa tenuiflora*, *Combretum leprosum*, *Jatropha molissima*, *Ximenia intermedia*. Lima e Coelho (2018), verificaram que as *Croton sonderianus*, *Combretum leprosum*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Piptadenia stipulacea* foram as espécies mais representativas quanto ao IVI. Vasconcelos et. al., (2017) constataram que *Terminalia fagifolia*, *Combretum glaucocarpum*, *Xylopia sericea* e *Aspidosperma discolor* apresentaram os maiores valores de importância.

4. CONCLUSÃO

A família botânica que apresentou maior número de indivíduos foi Fabaceae. As espécies com maior número de indivíduos e maiores valores de importância da área foram *Croton blanchetianus*, *Mimosa tenuiflora*, *Piptadenia stipulacea*, *Poincianella pyramidalis* e *Mimosa caesalpiniiifolia*.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, K.G.; PEREIRA FERNANDO, E.M.; MAMEDE, M.L.; QUEIROZ, R.T. A família Fabaceae Lindl. no Vale do Pajeú, Tapetim-Pernambuco, Brasil. **Anais**, I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, v. 1, 2016. Campina Grande-PB, Editora Realize.
- CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A.; MARACAJÁ, P. B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.9, n.2, p. 43-48, 2013.
- DIAS, C. T. de V. KILL, L. H. P. **Levantamento florístico da reserva legal do Projeto Salitre, Juazeiro-BA**. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2008.
- GUREVITCH, J., SCHEINER, S. & FOX, G.A. TRADUÇÃO: BECKER, F.G., DUARTE, L.S., DILLENBURG, L.R., OLIVEIRA, P.L., MÜLLER, S.C., & HARTZ, S.M. **Ecologia Vegetal**. 2. ed. Artmed, Porto Alegre, RS, 2009.
- LIMA, B. G.; COELHO, M. F. B. Fitossociologia e estrutura de um fragmento florestal da Caatinga, Ceará, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 809-819, 2018.
- MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B.A.; SOUZA JUNIOR, L.C.; MORAIS, F.; MENDES, V.A.; MIRANDA, J.L.F. CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Irauçuba, estado do Ceará/Fortaleza**: CPRM/PRODEEM, 2004.

MEDEIROS, F.S.; SOUZA, M.P.; CERQUEIRA, C.L.; ALVES, A.R.; SOUZA, M.S.; BORGES, C.H.A. Florística, fitossociologia e modelagem da distribuição diâétrica em um fragmento de Caatinga em São Mamede-PB. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.14, n.2, p.85-95, 2018.

SOUZA, P. F. **Análise da vegetação de um fragmento de caatinga na micro bacia do açude jatobá**. Patos-PB, 2009. 51 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB, 2009.

The Legume Phylogeny Working Group, LPWG. 2013. **Legume phylogeny and classification in the 21st century: Progress, prospects and lessons for other species-rich clades**. *Taxon* 62: 217-248.

VASCONCELOS, A.D.M; HENRIQUES, I.G.N; SOUZA, M.P. Caracterização florística e fitossociológica em área de Caatinga para fins de manejo florestal no município de São Francisco-PI. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 4, p.329-337, 2017.

Capítulo 49

AJUSTE DE MODELOS HIPSONOMÉTRICOS PARA A ESTIMATIVA DE ALTURA DE DUAS ESPÉCIES NO MUNICÍPIO DE PORTO GRANDE, AMAPÁ, BRASIL

Michelle Vasconcelos Cordeiro¹, Adriano Castro de Brito²,
Ronaldo Oliveira dos Santos¹, Jadson Coelho de Abreu³, Robson Borges Lima³

¹Engenheira Florestal, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

²Departamento de Ecologia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Brasil

³Departamento de Mensuração Florestal, Universidade do Estado do Amapá (UEAP), Brasil

Autor correspondente: michellevasconceloscordeiro@yahoo.com.br

Resumo: A utilização das relações hipsométricas tornou-se frequente, devido à praticidade que proporciona, e por assegurar a precisão dos dados através do ajuste de modelos matemáticos para diversas finalidades, como o proposto pelo respectivo trabalho, que é estimar a altura da espécie *Manilkara huberi* (Ducke). O estudo realizou-se em uma área de Floresta Ombrófila Densa de terra firme na localidade de Maçaranduba II. Foi realizado o inventário 100% em uma área de 100 ha sendo que essa foi subdividida em 25 parcelas de 04 ha. Tendo como critério de inclusão, CAP (Circunferência a Altura do Peito) ≥ 30 cm e alturas correspondentes. Os dados foram divididos de forma aleatória em duas partes com finalidades distintas. Uma parte contendo 60% dos dados para ajuste dos modelos, o restante dos dados 40% foram utilizados no processo de validação dos modelos. Foram testados oito modelos de relação hipsométrica, sendo quatro aritméticos, três Logarítmicos e um não linear. De acordo os resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que, a espécie Maçaranduba, evidenciou ajustes dos modelos considerados aceitos para floresta nativa, ratificando resultados não significativos tratando-se do teste Qui-Quadrado, demonstrando que apenas o modelo $\ln(h - 1,3) = B_0 + B_1 \cdot \ln DAP + \ln(\epsilon_i)$ pode ser recomendado para estimar altura total da espécie no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

Palavras chave: Inventário florestal, modelagem, variáveis dendrométricas, altura total.

ADJUSTMENT OF HYPSONOMETRIC MODELS FOR THE HEIGHT ESTIMATION OF TWO SPECIES IN PORTO GRANDE, AMAPÁ, BRAZIL

Abstract: The use of hypsonometric relations has become frequent, due to the practicality it provides, and to ensure the accuracy of the data by adjusting mathematical models for various purposes, as proposed by this work, which is to estimate the height of the species *Manilkara huberi* (Ducke). The study was carried out in an area of Dense Ombrophilous Forest of terra firme in the locality of Maçaranduba II. A 100% inventory was carried out in an area of 100 ha, which was subdivided into 25 plots of 04 ha. Having as inclusion criteria, CBH (Breast Height Circumference) ≥ 30 cm and corresponding heights. Data were randomly divided into two parts for distinct purposes. A portion containing 60% of the data for model adjustment, the remaining 40% was used in the model validation process. Eight models of hypsonometric relations were tested, four arithmetic, three logarithmic and one nonlinear. According to the results obtained in the present work, it is concluded that the Maçaranduba species showed adjustments of the models considered accepted for native forest, confirming non-significant results in the Chi-Square test, demonstrating that only the $\ln(h - 1,3) = B_0 + B_1 \cdot \ln DAP + \ln(\epsilon_i)$ can be recommended to estimate total height of the species in Porto Grande, Amapá, Brazil.

Keywords: Forest inventory, modeling, dendrometric variables, total height.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao alto investimento em florestas plantadas, principalmente em espécies como o *Eucaliptus* e *Pinus*, o conhecimento sobre o comportamento de espécies nativas é escasso enfatizando a necessidade de gerir novas pesquisas para se obter informações acuradas sobre as potencialidades destas (BERTOLINI et al., 2015).

Entretanto, a demanda por sementes de espécies nativas aumentou significativamente, por serem de suma importância em programas de recuperação de áreas degradadas, conservação de ecossistemas (GARCIA et al., 2015), e principalmente pelo setor madeireiro que vem se expandindo cada vez mais, fazendo assim que sejam investidos cada vez mais em espécies de boa qualidade para que supra tal demanda (COSTA, 2013).

Diante disto, estudos que visem analisar as florestas em sua forma vertical são de suma importância, e, portanto, são aplicadas equações hipsométricas, que permitem estimar a altura por meio do seu diâmetro à altura do peito (DAP) (SOARES et al., 2006; THIERSCH et al., 2013). Diminuindo custos de inventário visto que a obtenção de altura se torna extremamente onerosa, e o tempo despendido em campo torna-se menor. E promovem estimativas precisas e confiáveis, perfazendo de informações imprescindíveis para solução de boa parte dos problemas florestais.

Portanto, a utilização das relações hipsométricas tornou-se frequente, devido à praticidade que ela proporciona, e por assegurar a precisão dos dados através do ajuste de modelos matemáticos para diversas finalidades, como o proposto pelo respectivo trabalho, que é estimar a altura da espécie *Manilkara huberi* (Ducke), na localidade de Maçaranduba II, no município de Porto Grande, Amapá, Brasil

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo realizou-se em uma área de Floresta Ombrófila Densa de terra firme na localidade de Maçaranduba II entre os municípios de Santana e Porto Grande, principalmente no último município citado, que está localizado ao sul do Estado a 108 km da cidade de Macapá (IBGE, 2012). Sua vegetação é bastante densa e encontra-se distribuída em áreas de Floresta Ombrófila Densa de terra firme, seu dossel está entre 30 e 35 m de altura, possuindo espécies emergentes que podem atingir até 45m de altura (SILVA et al., 2003).

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Awi, clima tropical quente e úmido, não apresentando estações definidas, ou seja, em média, o município apresenta oito meses de chuvas distribuídas, cuja pluviosidade média fica em torno de 2000 mm anuais, e quatro meses de estiagem com a umidade relativa do ar oscilando em torno de 85% e a temperatura média em torno de 27° C (IEPA, 2008). A área é pouca acidentada apresentando porções secas e irrigadas, tendo solos com característica da ordem dos latossolos podzólicos.

Foi realizado o inventário 100% em uma área de 100 ha sendo que essa foi subdivida em 25 parcelas de 04 ha. Tendo como critério de inclusão, CAP (Circunferência a Altura do Peito) $\geq$ 30 cm e alturas correspondentes. Em todos os indivíduos inventariados foi colocada uma etiqueta de alumínio para identificação, anotando-se em uma ficha de campo o número da árvore, o CAP com o auxílio de uma fita métrica e pôr fim a altura total e comercial obtida através de um hipsômetro.

As plantas foram previamente identificadas (nome dado na região) e etiquetadas. O reconhecimento das espécies foi realizado com levantamento prévio em campo. Para confirmação e identificação taxonômica foi coletado material botânico fértil de cada espécie. Posteriormente, prensado e levado à estufa num período de 2 a 5 dias em temperatura de aproximadamente 70°C. Em seguida, de acordo com os procedimentos botânicos de herbário, foram triadas e confeccionadas as exsicatas. Os nomes botânicos foram conferidos no Missouri Botanical Garden (MOBOT) segundo o sistema APG III (2010).

Para análise do emprego dos modelos hipsométricos os dados foram divididos de forma aleatória em duas partes com finalidades distintas. Uma parte contendo 60% dos dados para ajuste

dos modelos. Os restantes dos dados 40% foram utilizados no processo de validação dos modelos, no sentido de escolher a equação de melhor descrição a respeito da altura da comunidade estudada, através da seleção dos dois melhores modelos hipsométricos, com a geração de novas estimativas de alturas obtidas pelas equações em comparação com as alturas observadas obtidos pelo primeiro ajuste, através do Teste do Qui-Quadrado (X^2), ao nível de significância de 95% de probabilidade.

Com posse dos dados observados de altura, foram testados oito modelos de relação hipsométrica baseados em Schneider (2009) - (Tabela 1), sendo quatro aritméticos, três Logarítmicos e um não linear. O ajuste dos modelos aritméticos, assim como os modelos logarítmicos foi ajustado pelo método dos mínimos quadrados ordinários. A exceção foi o modelo Chapman-Richards que teve seu ajuste pela ferramenta Solver do Excel, que utiliza o algoritmo linear de gradiente reduzido generalizado (GRG) na interação dos parâmetros, cujo intuito foi minimizar a soma do quadrado do resíduo.

Tabela 1. Modelos matemáticos testados para a relação hipsométrica da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev

Natureza	Modelo	Autor	Nº
Aritméticos	$h = B_0 + B_1 \cdot \ln(DAP) + \epsilon_i$	Henriksen	1
	$h = B_0 + B_1 \cdot DAP + B_2 \cdot DAP^2 + B_3 \cdot DAP^3 + \epsilon_i$	Polinômio de 3º grau	2
Logarítmicos	$\ln(h) = B_0 + B_1 \cdot DAP + \ln(\epsilon_i)$	Logarítmico I	3
	$\ln(h - 1,3) = B_0 + B_1 \cdot \ln DAP + \ln(\epsilon_i)$	Logarítmico II	4
Não-Linear	$h = B_0 \cdot (1 - e^{-\beta_1 \cdot DAP})^{\beta_2} + \epsilon_i$	Chapman e Richards	5

Nota: Em que: $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = parâmetros dos modelos a serem estimados; DAP = diâmetro a altura do peito (1,3 m) da árvore; $\ln$ = logaritmo natural; h = altura total e ϵ_i = erro aleatório.

A escolha das melhores equações ajustadas foi realizada com base nos seguintes critérios estatísticos: maior coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa percentual ($Sy_x\%$), e distribuição gráfica dos resíduos (ABREU et al., 2011). Para comparação dos modelos logarítmicos com os aritméticos, foi utilizado o fator de correção da discrepância logarítmica de Meyer (F_m) conforme Rezende et al., (2006), para assim as variáveis dependentes ficarem na mesma natureza. E por fim, o Desvio Médio Percentual (DMP%), essa medida verifica se há diferença entre um valor obtido ao se medir uma grandeza e um valor adotado que mais se aproxima do valor real. (NAGASHIMA, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar o comportamento das variáveis dendrométricas DAP e altura, percebeu-se que a espécie possui amplitudes entre 50,31 e 122,61 cm de DAP e entre 14,22 e 26,25 m de altura, indicando bom desenvolvimento da mesma. Na tabela 2 apresentam-se os valores estimados para os coeficientes dos modelos, bem com a estatística de precisão dos ajustes.

Tabela 2. Modelos matemáticos testados para a relação hipsométrica da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev

Parâmetros Estatísticos					Coeficiente dos Modelos			
Nº	$R^2_{aj} \%$	$Sy_x \%$	Fcal	DMP %	β_0	β_1	β_2	β_3
1	71,50	16,26	2125,14	-0,5238	-31,8819	12,3618		
2	71,69	12,06	718,00	-0,2525	-16,6098	1,1192	-0,0114	4,4100
3	68,48	16,63	1234,95	-0,5686	2,4083	0,0085		
4	74,83	11,90	2043,22	-0,1712	0,1522	0,6589		
5	71,31	16,28	81,18	-0,4231	29,3536	0,0215	1,3938	

A tabela 2 evidencia que o modelo Logarítmico I foi o que apresentou os menores valores de $R^2_{aj}\%$ e DMP% (68,48% e -0,5686%) e maior $Sy.x\%$ (16,63%), indicando que houve baixa correlação entre as variáveis depende e independente. E os modelos que melhor se ajustaram foram o Polinômio de 3º Grau com $R^2_{aj}\%$ de 71,69%, $Sy.x\%$ de 12,06% e DMP% de -0,2525 e Logarítmico II com $R^2_{aj}\%$ de 74,83 %, $Sy.x\%$ de 11,90% e DMP% -0,1712. As equações apresentaram DMP% negativo e, levando em conta que o cálculo foi baseado na diferença entre valores observados e valores estimados ($Y - \hat{Y}$), há uma tendência para a superestimativa da altura da maçaranduba, pois, em média, a altura estimada foi maior que a observada.

Stolle et al. (2018) realizaram o ajuste de cinco modelos hipsométricos foram pré-selecionados e ajustados por regressão linear em um povoamento de *Khaya ivorensis* (mogno africano) com 3 anos de idade. Os modelos selecionados apresentaram R^2_{aj} de 0,46, valores de $Sy.x\%$ próximos de 11% e AIC variando de 36,7 a 38,6%, o modelo de Curtis foi considerado ligeiramente superior, porém os modelos de Henriksen e o Linear podem ser utilizados para estimativa da altura em função do diâmetro, pois apresentaram critérios estatísticos muito semelhantes.

Curto et al. (2013), ao ajustarem 8 modelos em um fragmento de uma Floresta Nativa conhecido como Floresta do Rosal, pertencente à Usina Hidrelétrica Rosal, localizada no município de Guaçuí-ES, obteve coeficientes de determinação ajustado aproximados com o respectivo trabalho, variando entre 74,8% e 76,3%.

Dos modelos testados, os modelos 2 e 7 apresentaram melhores ajustes confirmados tanto pelos critérios estatísticos como pela análise gráfica dos resíduos. Sendo esta análise gráfica indispensável, pois analisa se há ou não tendenciosidade dos resíduos ao longo da linha de regressão. A figura 1 apresenta os gráficos dos resíduos dos modelos de relação hipsométrica.

Figura 1. Análise gráfica de resíduos de cinco modelos testados para *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev

Observa-se que as distribuições gráficas dos resíduos tiveram comportamento semelhante, com valores residuais enquadrando-se entre -39 e 50 %, e demonstram tendência de subestimativa dos valores estimados de altura, com a maior parte dos pontos concentrando-se entre -40 a 40%. Confirma-se pelo parâmetro estatístico DMP %, que o modelo que teve tendência a superestimativas foi o de Henriksen, apesar dos demais modelos mostrarem uma leve tendência a subestimativa.

Verifica-se que a tendência em superestimar a altura é devido à natureza dos dados, pois há uma discrepância da relação h/d em espécies nativas, devido ao pouco aproveitamento do fuste, sendo que a regressão se ajustou aos dados na mesma proporcionalidade em que estes foram medidos, pois a relação h/d pode ser afetada por fatores externos tais como densidade e posição sociológica (MACHADO et al., 2008). No presente estudo, os modelos Polinômio de 3º Grau e Logarítmico I foram considerados os mais adequados para prosseguir a validação por meio do teste Qui-Quadrado.

Para as equações selecionadas, quando se confronta o valor de X^2 tabelado com os valores calculados, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Estatísticas das equações selecionadas para a amostra de validação. Em que: X^2 calc. – Valor de Qui-quadrado calculado; X^2 tab. – Valor de Qui-quadrado tabelado a 95% de probabilidade

Espécie	Nº	X^2 Cal	X^2 Tab
Maçaranduba	2	465,3	511,8187
	7	463,1	511,8187

Verificou-se que os valores de X^2 calculado foi menor que o X^2 tabelado, inferindo-se que não houve diferença significativa entre as alturas observadas e as alturas estimadas pelas equações Polinômio de 3º grau e Logarítmico II. Dessa forma, ambas as equações ajustadas a partir dos modelos supracitados, podem ser utilizadas para o cálculo da altura da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev.

A disposição dos resíduos ocorreu de forma homogênea para as duas equações utilizadas na validação das respectivas espécies, ao longo da amplitude hipsométrica, não havendo tendência de sub ou superestimativa para alturas maiores ou menores, contudo as referidas acima apresentaram *outliers*, ou seja, indivíduos discrepantes ao longo do eixo $y=100$ e $x=18$.

Figura 2. Gráfico dos resíduos da espécie *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que, para a espécie maçaranduba, o modelo Logaritmico II pode ser utilizado para estimar a altura total da espécie no município de Porto Grande, Amapá, Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABREU, J. C.; MARANGON, G. P.; ANJOS, R. V.; HOLANDA, A. C. Modelagem hipsométrica em uma floresta de várzea na região adjacente a foz do rio Amazonas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n°. 4, 2011.
- AZEVEDO, T. L. **Ajuste de equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp**, localizado na Floresta Nacional do Ibura, Sergipe. São Cristóvão-SE, 2009.
- BERTOLINI, I. C., A. B. DEBASTIANI & E. J. BRUN. Caracterização silvicultural da canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Scientia Agraria Paranaensis**, 14 (2): 67-76, 2015.
- COSTA, R. M. K. **Características empreendedoras do setor madeireiro: um estudo para o desenvolvimento do setor de esquadrias, nas Gêmeas do Iguaçu**. [Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional]. Canoinhas: Universidade do Contestado; 2013.
- GARCIA, L. C.; SOUSA, S. G. A.; LIMA, R. B. M. Coleta e manejo de sementes florestais da Amazônia. 2. ed. ampl. Brasília: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 33 p. (ABC da agricultura familiar, 39), 2015.
- Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas Estado do Amapá (IEPA). **Macrodiagnóstico do estado do Amapá, primeira aproximação do ZEE**. Amapá, p.139, 2008.
- MACHADO, S. A.; NASCIMENTO, R. G. M.; AUGUSTYNCHIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.56, p.5-16, jan./jun., 2008.
- NAGASHIMA, H. N. **Laboratório de Física I**. São Paulo: UNESP, 2010. 104 p. SILVA, E. N. **Estimação de modelos volumétricos para espécies florestais de uso comercial em**

Paragominas-Pa. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

REZENDE, A. V.; VALE, A. T.; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; FELFILI, J. M. Comparação de modelos matemáticos para estimativa do volume, biomassa e estoque de carbono da vegetação lenhosa de um cerrado *sensu stricto* em Brasília, DF. **Revista Scientia Florestalis**. n.71, p. 65 - 76, 2006.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. S. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**, 2.ed. Santa Maria: UFSM/FACOS, 293 p., 2009.

SILVA, A. S. L.; ALMEIDA, S. S.; ROSÁRIO, C. S. Flora fanerogâmica da Estação Científica Ferreira Pena (ECFPn): Caracterização dos ecossistemas e lista preliminar de espécies. In: Seminário de 10 anos de atividades da ECFPn, Caxiuanã, 2003, Belém. **Resumos...** Belém: MPEG, 2003.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: UFV, 276 p., 2006.

STOLLE, L.; VELOZO, D. R.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, R. C.; BEUTLING, A. Modelos hipsométricos para um povoamento jovem de *Khaya ivorens* A. Chev. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3 n. 2 p. 231-236 2018.

THIERSCH, C. R.; ANDRADE, M. G.; MOREIRA, M. F. B.; LOIBEL, S. Estimativa da relação hipsométrica em clones de *Eucalyptus sp.* com o modelo de Curtis ajustado por métodos bayesianos empíricos. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2013.

.

Capítulo 50

ZONEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DIAMANTINA, BAHIA, BRASIL

*Rita de Cássia Freire Carvalho¹, Thiago Nunes da Silva Macedo¹,
Nilton Cesar Fiedler¹, Gizely Azevedo Costa¹, Julia Siqueira Moreau²,
Alexandre Rosa dos Santos³*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Campus Breves, Brasil

³ Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: freirecarvalho@gmail.com

Resumo: Incêndios florestais constituem a maior fonte de danos às florestas. Para reduzir as perdas causadas pelo fogo a prevenção de incêndios é importante, principalmente em áreas protegidas. O Parque Nacional da Chapada Diamantina é uma área de proteção federal que sofre com a ocorrência de incêndios. O zoneamento é uma estratégia de prevenção de incêndios, principalmente nessas áreas. O objetivo desse estudo foi determinar áreas de risco de incêndio florestal por meio do Sistema de informações Geográficas – SIG, em uma área protegida de importante beleza cênica, o Parque Nacional da Chapada Diamantina, no estado da Bahia, Brasil. O zoneamento de risco foi realizado com o software ArcGIS, por meio de um modelo matemático de risco de incêndios que envolveu sete variáveis de estudo: altitude, declividade, orientação do terreno, rodovias, precipitação, temperatura e uso e ocupação do solo. A maior parte do parque apresenta risco baixo de ocorrência de incêndio florestais.

Palavras chave: Geotecnologias; uso e ocupação da terra; análise espacial; unidade de conservação; PNCD.

ZONE MAPPING OF THE FOREST FIRE RISK IN THE CHAPADA DIAMANTINA NATIONAL PARK, BAHIA, BRAZIL

Abstract: Forest fires are the largest source of forest damage. To reduce the losses caused by fire, it is very important to prevent fires, especially in protected areas. The Chapada Diamantina National Park is a federal protected area that suffers from the occurrence of fires. Zoning is a fire prevention strategy, especially in these areas. The objective of this study was to determine areas of forest fire risk through the GIS Geographic Information System, in a protected area of significant scenic beauty, the Chapada Diamantina National Park, in the state of Bahia, Brazil. The risk zoning was carried out using ArcGIS 10.3 software, using a mathematical model of fire risk that involved seven study variables: altitude, slope, terrain orientation, highways, rainfall, temperature and land use and occupation. Most of the park has a low risk of forest fires.

Keywords: Geotechnology; land use; spatial analysis; conservation unit; PNCD.

1. INTRODUÇÃO

O fogo é um dos mais antigos instrumentos utilizados pelo homem. Ao longo do tempo, o fogo permitiu que os seres humanos passassem de nômades a sedentários, promoveu o convívio social, além de ser muito utilizado na agricultura para limpeza da área. No entanto, quando o fogo fica incontrolável e se espalha pela vegetação, consumindo materiais lenhosos e com alto poder destrutivo, ele constitui um incêndio florestal (SANTOS; SOUTO; SOUTO, 2017).

Os incêndios florestais consistem na maior fonte de danos às florestas e podem ser considerados com umas das mais graves catástrofes naturais (BEUTLING, 2009; FIORAVANTE; BONATTO, 2004; SOARES, 1970). Para atenuar as perdas causadas pelo fogo é de fundamental importância conhecer metodologias de previsão, prevenção e controle de incêndio florestal (RIBEIRO et al., 2011; SOARES, 1970).

A educação ambiental, a regulamentação do uso da floresta juntamente com a aplicação da legislação, compreendem políticas públicas de prevenção aos incêndios florestais. Uma das políticas Brasileiras criada com a finalidade de proteger os recursos naturais é o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação – 2000) na qual prevê a criação de Unidades de Conservação.

As UCs são áreas com características específicas, que possuem a função de preservar e proteger espécies animais e vegetais. Embora elas sejam áreas protegidas por lei, elas sofrem anualmente com a ocorrência de incêndios, ocasionando a perda de biodiversidade e devastando grandes áreas protegidas. Um exemplo de Unidade de conservação em eminente risco, é o Parque Nacional da Chapada Diamantina (PNCD), no estado da Bahia.

O Parque Nacional (PARNA) da Chapada Diamantina é uma área de proteção federal que sofre com a ocorrência de incêndios florestais, mesmo antes de sua criação em 1985. No PARNA Chapada Diamantina, a ocorrência é uma perturbação frequente, os anos de 1993 e 2008 o parque sofreu as maiores extensões em queimadas, sendo o incêndio de 2008 mais difícil de ser controlado (GONÇALVES et al., 2011; MESQUITA et al., 2011).

As causas de um incêndio em áreas de conservação podem ser influenciadas por diversos fatores, como os fatores climáticos, naturais e os antrópicos. No Brasil, as principais causas de incêndios são raios, incendiários, queimas para limpeza, fumantes, fogos de recreação, estradas de ferro e operações florestais (SOARES; BATISTA; NUNES, 2009). Esse agrupamento utilizado no país, é a classificação desenvolvida pelo Serviço Florestal Americano e adotado pela Organização das Nações Unidas para alimentação e agricultura (FAO) (SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

O Zoneamento de Risco de Incêndio é uma estratégia a ser realizada antes da utilização de técnicas de prevenção contra incêndios florestais, e pode ser obtido com auxílio de ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Elas constituem instrumentos apropriados para integração de fatores que permitem analisar a ocorrência do fogo (JUVANHOL; FIEDLER; SANTOS, 2015; SANTOS; EUGENIO; LOUZADA, 2010).

Para realizar o zoneamento é preciso examinar separadamente fatores como as características topográficas da região, tipo de cobertura vegetal e uso da terra, a proximidade com as zonas urbanas e estradas, o histórico e ocorrências de incêndios na região e variáveis climáticas como temperatura e precipitação. Esses fatores inter-relacionados traduz o perigo total de propagação de fogo (SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE, 2007).

O objetivo deste trabalho foi determinar áreas de risco de incêndio florestal por meio do Sistema de informações Geográficas, em uma área protegida de importante beleza cênica, o Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua zona de amortecimento, no estado da Bahia, Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o Parque Nacional da Chapada Diamantina (Figura 1), que ocupa uma área total de aproximadamente 152.400ha, e sua zona de amortecimento. O parque localiza-se no centro do estado da Bahia, e está entre as coordenadas de latitude $12^{\circ}30'$ e $13^{\circ}15'$ S e longitude $41^{\circ}0'$ e 40° W. A área do parque abrange os municípios de Andaraí, Ibicoara, Itaetê, Lençóis, Mucugê e Palmeiras.

A Chapada Diamantina está inserida no contexto do Bioma Caatinga e sua vegetação é caracterizada por um mosaico de diferentes formações, com grande diversidade de caatinga, cerrado, campos rupestres e diferentes tipos de matas, denominado por Velloso et al. (2002) de “Complexo da Chapada Diamantina”.

A área de estudo possui três tipos climáticos de acordo a classificação de Köppen: Cfb um clima temperado úmido com verão temperado (parte da região norte e na região sul), Cwb caracterizado por ser um clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado (noroeste da região) e Aw, clima tropical com estação seca de inverno (nordeste) (ALVARES et al., 2013).

Figura 1. Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil

Fonte: Autores (2020).

2.2 Preparação da Base de Dados

O fluxograma metodológico contendo todas as etapas necessárias para a aquisição, pré-processamento das variáveis e geração do modelo de risco de incêndio é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Fluxograma metodológico de geração de modelo de risco de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil

Fonte: Autores (2020).

2.3 Modelo Digital de Elevação

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido por meio de dados altimétricos SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), com resolução espacial de 30 metros, fornecido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey - USGS). O modelo está disponível no formato GeoTiff e pode ser diretamente usado em modelagem de terreno georreferenciada para Datum WGS 84. A partir do MDE foram extraídas as variáveis altitude, a declividade do terreno e o aspecto das vertentes.

2.4 Temperatura e Precipitação

Os dados de temperatura média e precipitação foram obtidos por meio da Revista Internacional de Climatologia, disponível na plataforma WorldClim, com resolução espacial de 1 km para áreas terrestres globais (FICK; HIJMAN, 2017). Os arquivos estavam disponíveis no formato GeoTiff para cada mês do ano, no período compreendido entre 1970-2000, com suporte

fornecido pela Feed the Future ao Consórcio de Sistemas Geoespacial e Agrícola do Laboratório de Inovação da Intensificação Sustentável. A partir dos dados globais do WorldClim foram gerados os mapas base de temperatura e precipitação.

2.5 Uso e Ocupação da Terra

O mapa base de uso e ocupação da terra foi obtido por meio do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomias), disponibilizadas com cortesia (<http://mapbiomas.org/>) da coleção 4.0 para o ano de 2017. As imagens de UOT são processadas por meio de técnicas de classificações de imagens do satélite Landsat.

2.6 Rodovias

O mapa de rodovias foi obtido por meio do arquivo vetorial de rodovias brasileiras disponível no site do Ministério do Meio Ambiente, pelo Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT 2008). A partir dos dados vetoriais das rodovias calculou-se a distância euclidiana entre as estradas.

O arquivo vetorial da área do PNCD e mapas do Brasil e da Bahia foi obtido por meio do site do Ministério do Meio Ambiente. O arquivo vetorial da zona de amortecimento foi obtido por meio da ferramenta *buffer* com raio de 10 km.

2.7 Modelo de Risco de Incêndios Florestais

Para elaboração do modelo de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada Diamantina foram consideradas sete variáveis ambientais que foram reclassificadas e posteriormente, introduzidas num modelo matemático de risco, no *software* ArcGis 10.3 (SANTOS; EUGENIO; LOUZADA, 2010). As variáveis utilizadas encontram-se dispostas na Tabela 1. Elas foram reclassificadas, com pesos (níveis de risco) e coeficientes, baseado em trabalhos de Chuvieco; Congalton (1989) conforme a metodologia de Santos; Eugênio; Louzada (2010).

Tabela 4. Classes, níveis e coeficientes de risco de incêndios

Variável	Classes	Nível de risco de incêndio	Coeficiente
Uso e ocupação do solo	Água/Solo Exposto/Área Urbana/Fragmento	Baixo	1
	Rochoso/Curso d'água	Médio	2
	Fragmento Florestal/Vegetação Rala		
	Área	Alto	3
	Agricultada/Pastagem		
Declividade	< 12 %	Baixo	1
	12 - 40 %	Médio	2
	> 40%	Alto	3
Orientação do relevo	Sul	Baixo	1
	Sudeste	Baixo	1
	Sudoeste	Baixo	1
	Leste	Médio	2

Distância entre as estradas	Oeste	Médio	2
	Norte	Alto	3
	Nordeste	Alto	3
	Noroeste	Alto	3
	Fora da estrada	Alto	3
Altitude	Dentro da estrada	Baixo	1
	800 - 1000 m	Médio	2
	1000 - 1200 m	Alto	3
	1200 - 1900 m	Baixo	1
	< 1250 mm	Alto	3
Precipitação	1250 - 1350 mm	Médio	2
	> 1350 mm	Baixo	1
	< 18,5 °C	Baixo	1
Temperatura	18,5 - 19,5 °C	Médio	2
	> 19,5 °C	Alto	3

Fonte: Adaptado de Santos; Eugenio; Louzada (2010).

Após a reclassificação das variáveis ambientais, a elaboração do mapeamento de risco de incêndios florestais realizou-se a partir do modelo matemático (Equação 1) conforme a metodologia de Santos; Eugênio; Louzada (2010). Cada variável recebeu um valor correspondente ao coeficiente de risco que variou de 1 a 3 conforme a sua importância para o risco de incêndio. O coeficiente 1 significa nível baixo de risco, o coeficiente 2 significa nível médio de risco e nível 3 alto risco de ocorrência de incêndios.

$$IRI = (25 * UOT) + (18,75 * DEC) + (18,75 * DR) + (12,5 * PREC) + (10 * TEMP) + (6,25 * ASP) + (8,75 * ALT) \quad (1)$$

Em que,

IRI = índice de risco de incêndio; UOT = uso e ocupação da terra; DEC = declividade; DR = distância das rodovias; PREC = precipitação; TEMP = temperatura; ASP = aspecto das vertentes; ALT = Altitude.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 representa o mapa de risco de incêndio para o Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua Zona de Amortecimento.

Em termos quantitativos a maior parte da área do Parque Nacional da Chapada Diamantina (28,9 %) foi classificada como baixo risco. A área do Parque, possui aproximadamente 14,3% classificado como baixíssimo risco, 28,9% como baixo risco, 24,8% como médio, 22% como alto e 10 % como altíssimo risco a ocorrência de incêndios florestais. As áreas com médio risco, alto e altíssimo risco indicam que aproximadamente 56,8 % do Parque Nacional da Chapada Diamantina e sua zona de amortecimento possui áreas que estão em risco de incêndios florestais.

Segundo Mesquita et al. (2011), os incêndios no PARNA têm forte ligação com as condições climáticas, pois os anos que mais sofreram com as queimadas foram os anos que coincidiram com a ocorrência do fenômeno El Niño. Em 2008 teve a ocorrência de incêndio e foi um período teve baixo volume de chuvas. Segundo Soares; Paez, (1972) existem correlações importantes entre fatores meteorológicos e a ocorrência de incêndios.

As áreas com risco altíssimo, coincidem com regiões que apresentam presença de cultura agrícola, a região é bastante conhecida pela produção de tubérculos como batata, principalmente no município de Ibicoara. Áreas com presença de pastagem e cultura anual e perene,

apresentam um alto risco a ocorrência de incêndios. Além disso, essa região apresenta uma altitude que varia de 1000 a 1200, o que apresenta alto risco de incêndio.

Figura 3. Risco de incêndio florestal para o Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil

Fonte: Autores (2020).

A inclinação do terreno é um fator muito importante durante a ocorrência de fogo descontrolado, pois o fogo se propaga mais rapidamente em aclives do que em declives, assim locais com terrenos menos inclinados estão menos sujeitos a propagação do fogo. Quanto mais o terreno é inclinado, maior é a probabilidade de ocorrência (TORRES et al., 2017). Esse fato justifica áreas com risco altíssimo no interior do parque, que além de apresentar declividades maiores, apresenta as maiores altitudes e maior exposição da face norte. No hemisfério sul a face norte recebe maior incidência solar, o que faz com que a taxa de propagação de fogo nessas áreas seja maior (SANT'ANNA; FIEDLER; MINETTE 2007).

O Parna Chapada Diamantina possui uma grande extensão territorial, embora seja

uma área protegida, a presença da ação antrópica é muito significativa. O parque foi criado numa área de contexto histórico de ocupação e exploração, principalmente de diamantes. O uso do fogo está muito presente na área, em atividades desenvolvidas por vaqueiros que ainda utilizam o fogo para queima do capim maduro, o garimpeiro que utiliza para limpar caminhos e os coletores de “sempre viva” que ateiam fogo depois da colheita para melhorar a próxima safra. Atividades antrópicas como estas apresentam um perigo iminente para o parque, sendo o fogo o inimigo número um (CPRM, 1994).

Como a maior parte do parque está sujeita a ocorrência de incêndios, medidas preventivas são necessárias ser adotadas nessas áreas. Como maior vigilância em áreas de risco, construção de aceiros, restrição de acesso a essas áreas, programas de educação ambiental – já que o parque recebe muitos turistas para visitação – regulamentação do uso da floresta e aplicação da legislação são exemplos de medidas preventivas a serem adotadas pelo parque para evitar a ocorrência de incêndios (EUGENIO et al., 2016).

4. CONCLUSÃO

O Parque Nacional da Chapada Diamantina apresenta indícios de risco médio a altíssimo de ocorrência de incêndio. O mapa de risco de incêndio constitui um instrumento importante para prevenção, pois é por meio dele que se obtém o conhecimento das áreas mais vulneráveis.

O zoneamento, junto com outras técnicas de prevenção como educação ambiental, aplicação da legislação e regulamentação do uso da floresta, constituem um método para a prevenção de incêndio em áreas protegidas como as unidades de conservação.

O zoneamento de risco de incêndio constitui uma ferramenta para os gestores de unidades de conservação no planejamento de atividades de prevenção e combate a incêndios.

5. AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Universitário (CAPES); Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Espírito Santo;

Ao grupo de pesquisa Geotechnology Applied to Global Environment (GAGEN); Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade ICMBio e o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MapBiomas), por fornecer os dados necessários para a implementação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

BEUTLING, A. **MODELAGEM DO COMPORTAMENTO DO FOGO COM BASE EM EXPERIMENTOS LABORATORIAIS E DE CAMPO**. 2009. 121 f. Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2009.

CHUVIECO, E.; CONGALTON, R. G. Application of remote sensing and geographic information systems to forest fire hazard mapping. **Remote Sensing of Environment**, v. 29, n. 2, p. 147–159, 1 ago. 1989.

CPRM, C. de P. de R. M. **Projeto Chapda Diamantina: Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA: Informações Básicas para a Gestão Territorial: Diagnóstico do Meio Físico e da Vegetação**. Salvador: IBAMA, 1994.

EUGENIO, F. C. et al. Applying GIS to develop a model for forest fire risk: A case study in Espírito Santo, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 173, p. 65–71, 15 maio 2016.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. Worldclim 2: Novas superfícies climáticas de resolução espacial de 1 km para áreas terrestres globais. **Revista Internacional de Climatologia**, 2017.

FIORAVANTE, J. L.; BONATTO, F. Método de Bombardeio aéreo para combate de Incêndios Florestais. **FLORESTA**, v. 34, n. 2, p. 187–192, 2004.

GONÇALVES, C. N. et al. Recorrência dos Incêndios e Fitossociologia da Vegetação em Áreas com Diferentes Regimes de Queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Biodiversidade Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 161–179, 2011.

JUVANHOL, R. S.; FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. R. dos. Modelagem de risco de incêndios em florestas naturais com o uso de geotecnologias. **Geotecnologias análise Ambient. Apl. práticas**. Alegre, ES: CAUFES, 2015. p. 160–172.

MESQUITA, F. W. et al. Histórico dos Incêndios na Vegetação do Parque Nacional da Chapada Diamantina, entre 1973 e abril de 2010, com base em Imagens Landsat. **Biodiversidade Brasileira ICMBio**, v. 2, p. 228–246, 2011.

RIBEIRO, L. et al. Análise do perigo de incêndios florestais em um município da Amazônia Mato-Grossense, Brasil. **Floresta**, 2011.

SANT'ANNA, C. M.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. **Controle de Incêndios Florestais**. Alegre, ES: Os autores, 2007.

SANTOS, A. R. dos; EUGENIO, F. C.; LOUZADA, F. L. R. D. O. **ArcGIS 9.3 Total: Aplicação para Dados Espaciais**. 2ª ed. Alegre, ES: CAUFES, 2010.

SANTOS, W. D. S.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S. Estimativa de risco de incêndios florestais em unidades de conservação no bioma caatinga no estado da Paraíba, Brasil. **Nativa**, v. 5, n. 6, p. 440–445, 2017.

SOARES, R. V. Prevenção de incêndios florestais. **FLORESTA**, v. 2, n. 2, 1970.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. **Incêndios florestais no Brasil: o estado da arte**. Curitiba: [s.n.], 2009.

SOARES, R. V.; PAEZ, G. Correlações entre alguns fatores meteorológicos e ocorrência de incêndios florestais na Região Centro-Paranaense. **FLORESTA**, v. 4, n. 2, 1972.

TORRES, F. T. P. et al. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Floresta e Ambiente**, v. 8087, p. 1–10, 2017.

VELLOSO, A. L. et al. **Ecorregiões Propostas para o Bioma Caatinga**. 1^a ed. Recife: Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002.

Capítulo 51

PREDIÇÃO INVERSA APLICADA A MEDIÇÕES DE ALTURA COMERCIAL NA REGIÃO AMAZÔNICA

*Rachel Clemente Carvalho¹, Adriano Ribeiro de Mendonça¹,
Nívea Maria Mafrá Rodrigues¹, Jéferson Pereira Martins Silva¹,
Quétila Souza Barros¹, Quinny Soares Rocha¹*

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: niveamafral1@gmail.com

Resumo: Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a exatidão ao utilizar a técnica de calibração ou predição inversa em medições obtidas por diferentes métodos de obtenção da altura comercial em uma floresta nativa da região amazônica. Para isso, foram ajustados modelos utilizando o valor real das alturas como variável dependente, obtidos por meio de uma trena, e os valores estimados obtidos pelo hipsômetro Vertex IV e visualmente por uma pessoa com experiência como variável independente. As equações foram avaliadas por meio do coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão relativo [S_{yx} (%)]. Após isso, foi aplicada a técnica de predição inversa. As estimativas obtidas por meio da predição inversa foram analisadas com base nas estatísticas *Bias* (*B*), Média das diferenças absolutas (*MD*) e Raiz quadrada do erro médio (*RMSE*) e, também, na análise gráfica dos resíduos. Os resultados demonstram que ao aplicar a predição inversa, as estimativas do Vertex IV apresentaram uma melhor correção das alturas, aproximando-as do valor real, com menor viés e ganho de aproximadamente 40% em exatidão. Já para o método Visual, a predição inversa não se mostrou satisfatória, uma vez que o coeficiente de determinação foi baixo e teve aumento do viés. A predição inversa mostrou-se uma boa alternativa para aferição de resultados obtidos pelo Vertex IV, pois seus valores encontram-se muito próximos aos valores reais obtidos pela trena.

Palavras chave: Inventário Florestal; hipsômetro; calibração.

INVERSE PREDICTION APPLIED TO COMMERCIAL HEIGHT MEASUREMENTS IN THE AMAZON REGION

Abstract: This research aimed to evaluate the accuracy using the calibration or inverse prediction technique in measurements made by different methods of obtaining commercial height in a native forest of the Amazon region. For this, models were adjusted using the real value of the heights as the dependent variable, obtained through a measuring tape, and the estimated values obtained by the Vertex IV hypsometer or visually by a person with experience as an independent variable. The equations were evaluated using the coefficient of determination (R^2) and relative standard error [S_{yx} (%)]. After that, the inverse prediction technique was applied. Estimates obtained through inverse prediction were analyzed based on the Bias (*B*), Mean Absolute Differences (*MD*) and Mean Root Square Error (*RMSE*) statistics and also on the graphical analysis of the residuals. The results show that when applying the inverse prediction, the Vertex IV estimates presented a better correction of the heights, bringing them closer to the real value, with lower bias and approximately 40% gain in accuracy. For the Visual method, the inverse prediction was not satisfactory, since the coefficient of determination was low and the bias increased. Inverse prediction proved to be a good alternative for verifying results obtained by Vertex IV, as its values are very close to the real values obtained by the measuring tape.

Keywords: Forest Inventory; hypsometer; calibration.

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento de indústrias, o financiamento e planejamento da utilização dos recursos florestais, para serem eficientes, devem ser fundamentados em dados coletados, manipulados e analisados dentro de padrões técnicos que possam garantir uma decisão adequada e racional (PÉLLICO NETTO; BRENA, 1997). A coleta de dados para conhecimento da dinâmica dos povoamentos é feita por meio de inventários florestais, que são processos de obtenção de dados qualitativos e quantitativos dos recursos florestais (HUSCH et al., 1993).

Dentre as variáveis mensuradas no inventário, a altura é fundamental para obter o volume de madeira, estoque de carbono, dinâmica da população, qualidade do sítio, processos de otimização, dentre outros. Em florestas nativas, a altura total possibilita a compreensão da estrutura vertical da comunidade, indicando quais espécies são mais importantes ecologicamente (SILVA, 2012b). Em inventários de planos de manejo, é comum a medição da altura comercial.

Nos inventários florestais, a fim de facilitar a coleta de dados, é comum a utilização de equipamentos nas atividades de mensuração florestal. Dentre os equipamentos utilizados na medição de altura, encontram-se os hipsômetros Suunto, Weise, Haga, Blume-Leiss, Vertex IV, Haglöf II, dentre outros (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2009). Contudo, por mais eficiente que seja o método, podem surgir erros nas medições que podem ser classificados em amostrais e não amostrais.

Devido a importância das medições de altura, o uso de métodos mais eficientes e eficazes de medição das árvores para a realização de inventários florestais é imprescindível para o planejamento do uso dos recursos florestais. Esta necessidade pode ser notada quando se deseja medir a altura de árvores em florestas nativas, como nas florestas da Amazônia, onde a densidade de indivíduos é muito elevada, somando a ocorrência de cipós na maioria dos casos, dificultando a identificação de instrumentos de medição de altura que sejam eficazes e que forneçam medidas exatas (LINGNAU et al., 2008; GONÇALVES; ELDINK; POKORNY, 2008; SILVA, 2016).

Para minimizar os problemas relacionados à exatidão dos equipamentos, uma alternativa é utilizar a calibração ou predição inversa para ajustar modelos relacionando as medições reais da altura e as obtidas por meio dos hipsômetros e, ou clinômetros. Por meio deste método, é possível corrigir as medições obtidas pelos equipamentos, diminuindo os erros e aproximando tais valores aos valores reais da medida. Na área florestal ainda não há estudos avaliando essa metodologia, mas em outras áreas, principalmente em química, onde são necessárias medidas mais próximas do real, com menor custo e tempo de medição, essa metodologia é cada vez mais empregada.

Deste modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a exatidão ao utilizar a técnica de calibração ou predição inversa em medições obtidas por diferentes métodos de medição de altura em uma floresta nativa da região amazônica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Fonte dos dados

A coleta de dados ocorreu em uma área do Projeto de Assentamento Florestal Havaí (PAF Havaí), criado pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), sob a Portaria nº 226, de 08 de abril de 2004 (Figura 1). A área possui aprovação para o Manejo Florestal Sustentável Comunitário nos municípios de Mâncio Lima e Rodrigues Alves no Estado do Acre, situado entre as coordenadas 07°47' Latitude Sul e 73°14' Longitude Oeste.

Figura 1. Localização do Projeto de Assentamento Florestal Havaí

Fonte: SILVA (2016).

2.2 Caracterização dos dados

Para a realização das análises propostas neste estudo, utilizou-se dados de altura comercial obtida por dois métodos de medição, obtidos por Silva (2016). Baseando-se nos mapas do censo do PAF Havaí, foram verificadas as espécies presentes e a quantidade de indivíduos selecionados para a exploração. Com base nestas informações, selecionaram-se as quatro espécies com maior quantidade de indivíduos, sendo elas: abiurana (*Pouteria guianensis* Aubl.), bajião (*Parkia multijuga* Benth.), pau-garrote (*Bagassa guianensis* Aubl.) e ucuuba (*Virola decorticans* Ducke.). Foram selecionadas 30 árvores-amostra, divididas em diferentes classes de diâmetro e altura (nove indivíduos de abiurana; sete de bajião, seis de pau-garrote e oito de ucuuba).

Tabela 1. Distribuição das árvores-amostra para medição da altura comercial

Classe de DAP (cm)	Classe da altura comercial (m)					Total
	8 F 11	11 F 14	14 F 17	17 F 20	20 F 23	
58 F 69	0	2	5	2	0	9
69 F 80	0	1	1	4	1	7
80 F 91	2	1	3	1	2	9
91 F 102	0	1	0	0	0	1
102 F 113	0	0	2	0	0	2
113 F 124	0	1	0	0	1	2
Total	2	6	11	7	4	30

2.3 Métodos utilizados nas medições

Foram feitas medições com os seguintes métodos:

- Método 1: Medição da altura comercial feita de forma visual por uma pessoa com experiência;
- Método 2: Medição da altura comercial com o hipsômetro Vertex IV.

Considerou-se como altura comercial a distância vertical iniciando na base até a primeira bifurcação ou injúria ao longo do fuste. A altura comercial real foi obtida pela medição com trena após o abate da árvore, somando-se o comprimento do toco da árvore e a parte do fuste cortada até um ponto ao longo do fuste considerado comercial.

2.4 Predição inversa da altura comercial de árvores nativas da região amazônica

Primeiramente, foi ajustado um modelo de regressão linear (Equação 1).

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

Em que: Y_{ij} : Altura estimada (m) obtida pelos equipamentos (j) na árvore i; X_{ij} : altura real (m) obtida por trena; β_i : parâmetros do modelo; ε_{ij} : erros aleatórios.

A equação de regressão resultante é, então, utilizada para estimar uma medida precisa, $X_{ij(novo)}$, para uma medida aproximada nova $Y_{ij(novo)}$. Para isso, isola-se X_{ij} na Equação 1. A partir disso obtêm-se a Equação 2, onde X_{ij} é denominado de $X_{ij(novo)}$ e $\hat{Y}_{ij}$ denominado de $Y_{ij(novo)}$.

$$\hat{X}_{ij(novo)} = \frac{Y_{ij(novo)} - \hat{\beta}_0}{\hat{\beta}_1} \quad (2)$$

Em que: $\hat{X}_{ij(novo)}$ = altura comercial estimada (m) após a predição inversa; $Y_{ij(novo)}$ = medição da altura comercial (m) obtida pelos métodos analisados; $\hat{\beta}_i$ = parâmetros do modelo.

As equações ajustadas na sua forma original (Equação 1), para cada método, foram avaliadas por meio das seguintes estatísticas: Coeficiente de determinação (R^2) e Erro padrão da estimativa (S_{yx}). Posteriormente, foi analisada a exatidão das estimativas obtidas pela predição inversa (Equação 2) por meio das estatísticas *Bias* (B), Média das diferenças absolutas (MD) e Raiz do quadrado médio do erro ($RMSE$). Além disso, realizou-se a análise gráfica dos resíduos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes estimados e as estatísticas do ajuste dos modelos para predição inversa para os métodos de medição analisados estão descritos na Tabela 2. A altura real versus a altura estimada pelos dois métodos estão apresentadas na Figura 2.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros e estatísticas dos ajustes dos modelos obtidos a partir da Equação 1

Método	Coeficientes		R ²	S _{yx} (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$		
Visual	-0,9072 ^{ns}	0,9435*	0,4327	21,95
Vertex IV	2,1954 ^{ns}	1,0417*	0,6702	14,84

Nota: Em que: * e ^{ns}: significativo e não significativo a 5% de significância pelo teste t.

Figura 2. Altura real versus altura estimada a partir das alturas comerciais obtidas com o método Visual e com o Vertex IV

A partir dos resultados da Tabela 2, é possível notar que as estimativas do modelo de predição inversa aplicadas aos dados do Vertex IV apresentaram maior R^2 e menor S_{yx} (%) que o método Visual.

As estatísticas obtidas a partir das estimativas da predição inversa (Equação 2) bem como as encontradas por Silva (2016) para as estimativas de altura comercial de árvores nativas pelos métodos analisados estão na Tabela 3.

Tabela 3. Estatísticas obtidas a partir da predição inversa e as encontradas por Silva (2016) para altura comercial de espécies nativas na região amazônica

Estatísticas	Predição Inversa		Silva (2016)	
	Visual	Vertex IV	Visual	Vertex IV
B (%)	12,20	0,003	11,40	-18,09
MD (%)	21,70	11,81	20,28	18,96
RMSE (%)	25,57	13,77	24,10	23,10

Analizando os resultados da predição inversa para os dois métodos, verifica-se melhor desempenho para o Vertex IV. As estimativas para este aparelho apresentaram menor valor de MD (%) e $RMSE$ (%) e ausência de viés quando comparadas ao método Visual. Ao se comparar as estatísticas obtidas pela predição inversa e as obtidas por Silva (2016), nota-se que a predição inversa a partir de dados de medição da altura comercial com o Vertex IV diminuiu consideravelmente o viés nas estimativas, ou seja, diminuiu a tendência das estimativas encontrada no trabalho de Silva (2016). Além disso, houve uma redução do $RMSE$ (%) e MD (%) aumentando a exatidão nas estimativas, indicando um maior grau de concordância entre o valor estimado e o valor verdadeiro. O ganho em exatidão foi de 40,4% para o $RMSE$ (%) e de 37,7% para a MD (%), ou seja, tais valores comprovam a aproximação dos valores estimados aos valores reais.

Em relação ao método Visual realizado por uma pessoa com experiência, as estatísticas encontradas pela predição inversa apresentaram aumento de B (%), MD (%) e $RMSE$ (%) em relação ao encontrado por Silva (2016).

A análise gráfica dos resíduos para as estimativas da predição inversa a partir dos dados do método Visual e das medições com o Vertex IV está na Figura 3.

Figura 3A: Distribuição dos resíduos, em porcentagem, em função das estimativas da predição inversa a partir das alturas comerciais obtidas com o método Visual

Figura 3B: Distribuição dos resíduos, em porcentagem, em função das estimativas da predição inversa a partir das alturas comerciais obtidas com o método Vertex IV

A partir da análise gráfica dos resíduos das estimativas pela predição inversa em função das medidas obtidas pelo Vertex IV (Figura 2), observou-se que não houve tendência em subestimar e superestimar as alturas comerciais. Já Silva (2016) observou que, claramente, este instrumento teve tendência em superestimar as medidas em toda faixa de variação da altura comercial, apresentando variação residual no intervalo de -50 a 1%.

Para as estimativas baseadas no método Visual, observa-se pela Figura 2, uma tendência de subestimar as alturas comerciais em todos os intervalos. Silva (2016) observou que as medidas obtidas pela medição visual tiveram tendência em subestimar as alturas comerciais, com erro distribuído no intervalo de $\pm 40\%$.

Nota-se pelos resultados das estatísticas de exatidão (Tabela 3) e análise gráfica dos resíduos (Figura 2) que, com a aplicação da técnica de predição inversa, houve uma melhoria na exatidão das estimativas do Vertex IV e redução da exatidão das estimativas da altura comercial por uma pessoa com experiência. A partir desses resultados, observa-se que a adoção da predição inversa pode proporcionar melhorias na exatidão das estimativas de aparelhos de medição de altura em inventários florestais.

4. CONCLUSÃO

A partir das estatísticas avaliadas e a análise de resíduos, é possível concluir que a predição inversa se mostrou um bom método para correção de altura comercial para o hipsômetro Vertex IV, diminuindo consideravelmente o viés e aproximando as medidas estimadas aos valores reais obtidos por trena. Já para as estimativas visuais, esta técnica não obteve bom desempenho.

A adoção da predição inversa pode proporcionar aumento na exatidão das estimativas de aparelhos de medição de altura em inventários florestais.

REFERÊNCIAS

- GONÇALVES, D. de A.; ELDIK, T. V.; POKORNY, B. O uso de dendrômetro a laser em florestas tropicais: aplicações para o manejo florestal na Amazônia. **Floresta**, v.39, n.1, p.175-187, 2009.
- HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3.ed. Malabar: Krieger Publishing Company. 1993. 402 p.
- LINGNAU, C.; SILVA, M.; SANTOS, D.; MACHADO, L. J. Mensuração de alturas de árvores individuais a partir de dados laser terrestre. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 1, p. 85-96, 2008.
- MACHADO, S. do A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. 2. Ed. Guarapuava. UNICENTRO. 2009. 316 p.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. **Inventário Florestal**. Curitiba: UFPR, v.1, 1997. 316 p.
- SILVA, G. F. da; OLIVEIRA, O. M. de; SOUZA, C. A. M. de; SOARES, C. P. B.; LEMOS, R. Influência de diferentes fontes de erro sobre as medições de alturas de árvores. **Revista Cerne**, v.18, n.3, p.397-405, 2012b.
- SILVA, G. F.; CURTO, R. A.; SOARES, C. P. B.; PIASSI, L. C. Avaliação de métodos de medição de altura em florestas naturais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 341-348, 2012a.
- SILVA, J. C. da. **Métodos de medição da altura e do volume comercial de árvores no bioma Amazônico**. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo. Jerônimo Monteiro. 2016.

Capítulo 52

DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Quétilla Souza Barros¹, Quinny Soares Rocha¹, Nívea Maria Mafra Rodrigues¹,
Adriano Ribeiro de Mendonça¹, Rachel Clemente Carvalho¹,
Evandro Ferreira da Silva²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil

Autor correspondente: quetyla@hotmail.com

Resumo: O objetivo do trabalho foi selecionar funções de densidade de probabilidade (fdp) que melhor descrevem a distribuição diamétrica da *Manilkara huberi* na Amazônia Oriental. A área de estudo pertence a Flona Saracá-Taquera, onde foi realizado um inventário florestal censitário de uma Unidade de Produção Anual (UPA). Foram medidas as circunferências a 1.30 cm do solo de todas as árvores de *M. Huberi* com diâmetro a 1,3 m do solo (*DAP*) maior ou igual a 30 cm. Foram ajustadas as funções Gama, Log Normal e Weibull 2 parâmetros, pelo método da máxima verossimilhança, utilizando o software estatístico R Studio versão 3.6.6. E, para testar a aderência da função aos dados, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade, bem como foram utilizados o Critério de Informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) para comparar a qualidade dos ajustes. Foram mensuradas 5.685 árvores de *M. huberi*, que apresentaram *DAP* mínimo de 38,20 cm e máximo de 206,9 cm, com medidas de assimetria e curtose inferiores a 1, sendo considerada uma assimetria moderada e curtose Platicúrtica, pois a curva apresentou pico superior à distribuição normal. Com relação a distribuição diamétrica, houve uma maior concentração de árvores nas classes 70 a 80 cm (22,45%). Entre 50 a 90 cm de diâmetro concentraram 74,6% dos indivíduos, seguindo o padrão preconizado para áreas sob regime de exploração madeireira na Amazônia brasileira. A função Log-normal teve o melhor ajuste, representando a predição mais precisa da distribuição diamétrica de *Manilkara huberi*. O padrão de distribuição diamétrica encontrado neste estudo corrobora com o ponto de vista ecológico, pois houve maior número de árvores nas classes de *DAP* consideradas exploráveis.

Palavras chave: Modelagem florestal; Predição; Função Densidade de Probabilidade.

DIAMETRIC DISTRIBUTION OF *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier IN THE EASTERN AMAZON

Abstract: The objective of this work was to select probability density (fdp) functions that best describe the diameter distribution of *Manilkara huberi* in the eastern Amazon. The study area belongs to Flona Saracá-Taquera, where a census forest inventory of an Annual Production Unit (UPA) was conducted. The circumferences at 1.30 cm from the ground of all *M. huberi* trees with a diameter at 1.3 m from the ground (DBH) greater than or equal to 30 cm were measured. Gamma, Log Normal and Weibull 2 parameters were adjusted by the maximum likelihood method using the R Studio version 3.6.6 statistical software. And to test the adherence of the function to the data, the Kolmogorov-Smirnov test at 5% probability was used, as well as the Akaike (AIC) and Bayesian Information Criteria (BIC) to compare the quality of the adjustments. A total of 5,685 *M. huberi* trees were measured, which presented a minimum DAP of 38.20 cm and a maximum of 206.9 cm, with measures of asymmetry and kurtosis of less than 1, being considered a moderate asymmetry and Platicurtic kurtosis, since the curve showed a peak higher than the normal distribution. Regarding the diameter distribution, there was a higher concentration of trees in classes 70 to 80 cm (22.45%). Between 50 and 90 cm in diameter concentrated 74.6% of individuals, following the recommended pattern for areas under logging in the Brazilian Amazon. The Lognormal function had the best fit, representing the most accurate prediction of *Manilkara huberi* diameter distribution. The diameter distribution pattern found in this study corroborates the ecological point of view, since there were a larger number of trees in the DAP classes considered exploitable.

Keywords: Forest modeling; Prediction; Probability Density Function.

1. INTRODUÇÃO

A *Manilkara huberi*, popularmente conhecida como maçaranduba, é uma das espécies arbóreas da Floresta Amazônica mais importante comercialmente. Pertencente à família Sapotaceae, os indivíduos são de grande porte, com o fuste longo e retilíneo, com altura aproximada entre 30m a 40m, podendo chegar a 50m. Presente nos estados do Pará, Amazonas, Mato Grosso, Maranhão, Roraima, Rondônia e Amapá, possui alta distribuição, com preferência de ocorrência em mata de terra firme, porém, encontradas também em várzeas pouco inundáveis. A maçaranduba é classificada como tolerante à sombra, apesar de na presença de clareiras o seu crescimento ser acelerado. As características da madeira são desejáveis para a serraria, pois é pesada, de textura fina, com cerne vermelho-escuro, grã direita, inodora, insípida de alta durabilidade natural. Tais características fazem com que seja uma das espécies mais exportadas da região, sendo exportada para Europa, Estados Unidos e Japão (COSTA; DE CARVALHO; BERG, 2007; BRAZ et al., 2015).

Para garantir a exploração da madeira sem comprometer a dinâmica da floresta, é necessário realizar um Manejo Florestal Sustentável (MFS). O MFS trata do gerenciamento de um povoamento florestal, em que se utiliza os recursos de forma que não comprometa sua continuidade, em termos de estrutura natural e recurso financeiro (HIGUCHI, 1994). O MFS tem como pressupostos garantir o fluxo de bens e serviços e a manutenção dos processos florestais, resguardando a diversidade de espécies importantes do ponto de vista da promoção de bens e serviços. Esse ponto, representa um dos principais gargalos para a gestão florestal sustentável (SIST; NASI; BLASER, 2015).

Para a realização de um MSF que garanta tais pressupostos, é necessário conhecer a dinâmica da floresta como um todo e das espécies individualmente. Uma das formas de se conhecer o comportamento de uma espécie em um povoamento florestal é avaliando o seu crescimento e a sua dispersão no espaço. A descrição dos tamanhos de árvores é comumente realizada por meio do ajuste de modelos estatísticos para distribuições de diâmetro. Em florestas nativas, onde a idade é normalmente componente desconhecido, a distribuição diamétrica é imprescindível. Ela indica a amplitude das classes de diâmetro, servindo para diferenciar tipologias florestais, quando conjunta a dados de incremento periódico do diâmetro ou mudança de uma classe diamétrica para outra, auxilia na construção de tabelas de produção que levam em conta a dinâmica florestal (SCOLFORO, 2006).

Existem três tipos de distribuição: unimodal, multimodal e decrescente. A distribuição unimodal é típica de povoamentos jovens e equiâneos, raramente espécies nativas apresentam esse tipo de distribuição. A multimodal apresenta mais de um ponto com maior frequência. Já a decrescente é típica de formações florestais, onde há regeneração frequente, como no caso da maioria das florestas nativas com idades e espécies variadas (SCOLFORO, 2006).

A descrição da distribuição diamétrica das árvores pode ser feita por meio das Funções Densidade de Probabilidade (fdp). Uma fdp é definida como a probabilidade relacionada com cada valor da variável estudada, ou da classe diamétrica nesse caso específico. Ela também pode descrever a distribuição das frequências absolutas ou relativas das diferentes classes de tamanho das árvores (SCOLFORO, 2006; CAMPOS, LEITE, 2017). As principais funções utilizadas em florestas nativas são: distribuição Weibull, Beta e Gama (SCOLFORO, 2006).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi selecionar funções de densidade de probabilidade (fdp) que melhor descrevem a distribuição diamétrica da *Manilkara huberi* na Amazônia Oriental.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área

A área de estudo pertence a Floresta Nacional (Flona) Saracá-Taquera, situada entre as coordenadas geográficas 1°20' e 1°55' de latitude Sul e 56°00' e 57°15' de longitude Oeste, localizada na margem direita do Rio Trombetas e inserida nos municípios de Faro, Oriximiná e Terra Santa. Limita-se ao norte com a Reserva Biológica do Rio Trombetas e tem como limite geográfico, em sua maior parte o Rio Trombetas (Figura 1).

A Unidade de Manejo Florestal II (UMF-II) contida na Flona Saracá-Taquera tem 25.546,00 hectares de área produtiva. O planejamento de colheita anual é cerca de 1.000 hectares. Na obtenção dos dados foi planejada uma Unidade de Produção Anual (UPA), em 2017, com área de manejo total de 1.302,16 ha, área de preservação permanente (APP) de 63,34 ha e área efetiva de manejo de 1.238,82, dividida em sete unidades de trabalho (UT).

2.2 Coleta de dados

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes do inventário florestal censitário da Unidade de Produção Anual-UPA 06, realizado em uma área de 1302,16 hectares, executado antes da exploração madeireira. No censo coletou-se a circunferência a 1,30 cm do solo de todas as árvores de *M. Huberi* com diâmetro a 1,3m do solo (*DAP*) maior ou igual a 30 cm, todos os indivíduos foram medidos, identificados e referenciados em coordenadas cartesianas (X, Y).

Figura 1. Localização da FLONA Saracá-Taquera, UMF-II e UPA/2017 - 1.302,16 hectares

2.3 Ajuste e análise das funções densidade de probabilidade

Foram usadas as funções densidade de probabilidade Gama, Log Normal e Weibull 2 parâmetros (Tabela 1).

Foi realizada a análise descritiva para o DAP das árvores por meio das seguintes estatísticas: média, mediana, moda, DAP mínimo, DAP máximo, amplitude, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, assimetria e curtose.

Após os ajustes, foram plotadas as curvas de frequências estimadas sobre o histograma de frequências observadas para cada classe diamétrica. Os ajustes e as curvas de frequência foram realizados com o uso da função `fitdistrplus` (DELIGNETTE-MULLER et al., 2015) no *software* estatístico R versão 3.6.6. Os parâmetros das funções foram estimados pelo método da máxima verossimilhança. Para testar a aderência da função aos dados, foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) ao nível de 5% de probabilidade. Para comparar a qualidade de cada modelo, foram utilizados os Critérios de Informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC).

Tabela 1. Funções de Densidade de Probabilidade usadas para descrever a distribuição diamétrica da maçaranduba

Nome	Função de Densidade de Probabilidade
Gama	$f(X) = \frac{(X - \alpha)^{\gamma-1} e^{-[X-\alpha]/\beta}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$ $\Gamma(\gamma) = \int_0^{\infty} t^{\gamma-1} e^{-t} dt$
Log Normal 2 parâmetros	$f(X) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(X-\mu)}{\sigma}\right)^2}}{(X)\sigma\sqrt{2\pi}}$
Weibull 2 parâmetros	$f(X) = \left(\frac{X}{\beta}\right)\left(\frac{X}{\beta}\right)^{\gamma-1} e^{-\left(\frac{X}{\beta}\right)^{\gamma}}$

Nota: Sendo: γ = parâmetro de escala ($\gamma > 0$); β = parâmetro de escala ($\beta > 0$); α = parâmetro de locação; X = variável aleatória; μ = média; σ = desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram mensuradas 5.685 árvores de *M. huberi* e em relação as estatísticas descritivas, a espécie apresentou diâmetro mínimo de 38,20 cm e máximo de 206,9 cm. Os valores de mediana e média da distribuição diamétrica foram, respectivamente, 78,85 cm e 75,05 cm, o desvio padrão 18,34 cm, a amplitude de DAP 168,70 cm, coeficiente de variação 24,43 cm e as medidas de assimetria e curtose foram inferiores a 1 (0,69 e 0,94, respectivamente). Caso o valor obtido esteja entre 0,15 e 1, a assimetria é considerada moderada (COSTA NETO, 2002; MACHADO et al., 2006). A curtose refere-se ao grau de achatamento ou elevação da curva em relação à distribuição normal (MACHADO et al., 2006) e nesse caso a curtose foi considerada Platicúrtica, pois a curva apresentou pico superior à distribuição normal.

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas dos parâmetros das funções com melhor aderência pelo teste de Kolmogorov Smirnov (KS) a 95% de probabilidade. Embora a diferença entre os valores dos parâmetros (KS) tenham sido mínimas, a função Log normal apresentou melhor desempenho.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros e estatísticas de desempenho das funções de densidade de probabilidade e resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov na área de estudo

Função	Parâmetros				AIC	BIC	Ranking
	α	β	μ	σ			
Gama	0,23*	17,36ns			51215,91	51229,30	2°
Log-normal 2 parâmetros			4,29*	0,24*	51156,15	51169,54	1°
Weibull 2 parâmetros	82,24ns	4,18*			52067,72	52081,11	3°

Nota: Em que: *=significativo à 5% de probabilidade; AIC=Critério de Informação de Akaike; BIC=Critério de Informação Bayesiano.

É possível observar na Figura 2, por meio da análise gráfica das distribuições de cada função, que a função Log-normal teve o melhor ajuste, sendo a que melhor prever o comportamento da distribuição diamétrica de *M. Huberi*. De acordo com Carelli Neto (2008), a função Log-normal quando utilizada na área florestal, normalmente não apresenta vantagens comparada à outras funções (ex. Beta, Gama, Weibull, Normal e Hiperbólica). O melhor ajuste apresentado aos dados, também foi dissimilar ao resultado encontrado por dos Santos et al. (2016) para três espécies florestais na Amazônia Central, em que a função Gama teve desempenho superior a Log-Normal.

Com relação a distribuição diamétrica, houve uma maior concentração de árvores nas classes 70 a 80 cm (22,45%). Entre 50 e 90 cm concentraram 74,6% das árvores (Figura 2), portanto, há maior número de árvores na classe considerada explorável (DAP > 50 cm). Os resultados mostram que a distribuição diamétrica das espécies segue o padrão preconizado para áreas sob regime de exploração madeireira na Amazônia brasileira, com maior ocorrência de árvores nas classes de grande porte (50 a 90 cm), o que é considerado bom do ponto de vista do Manejo Florestal Sustentável (MFS) (BRAZ et al., 2015), já que a exploração dessas árvores nas classes superiores não compromete os preceitos da produção sustentável, pois são árvores maduras ou senescentes removidas em maior quantidade, sem comprometer a rotação futura (GAMA; BENTES-GAMA; SCOLFORO, 2005).

Figura 2. Histograma de ajuste dos modelos de distribuição diamétrica para *Manilkara Huberi* na FLONA Saracá-Taquera-Pará

4. CONCLUSÃO

As médias de DAP denotaram uma floresta em fase madura. A função fdp que melhor se ajustou aos dados foi a Log-normal, representando a predição mais precisa da distribuição diamétrica de *Manilkara huberi*. O padrão de distribuição diamétrica encontrado neste estudo corrobora com o ponto de vista ecológico, pois houve maior número de árvores nas classes de

DAP consideradas exploráveis, sendo o mais indicado para que haja exploração, sem comprometer o ciclo futuro da floresta.

REFERÊNCIAS

BENTES-GAMA, M. D. M. Sustainable Management for Floodplain Forest in Eastern. **Revista Árvore**, p. 719–729, 2005.

BRAZ, E. M. et al. Criteria to be considered to achieve a sustainable second cycle in Amazon Forest. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 209, 2015.

BRAZ, E. M.; DE MATTOS, P. P.; CANETTI, A.; THAINES, F.; RUY, C. C.; MARTINS, L. P. **Planejamento do segundo ciclo de *Manilkara huberi* (Ducke) Standl. no estado do Acre. 6º Simpósio Latino-americano sobre Manejo Florestal**. Santa Maria-RS. Set. 2015.

CARELLI NETTO, C. **Dinâmica da distribuição diamétrica de povoamentos de *Pinus taeda* L. em diferentes idades e espaçamentos**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 5. ed., Viçosa, MG: UFV, 2017. 636 p.

COSTA, D. H. M.; DE CARVALHO, J. O. P.; BERG, E. V. D.; Crescimento diamétrico de maçaranduba (*Manilkara huberi* Chevalier) após a colheita da madeira. **Amazônia: Ciência. & Desenvolvimento**, Belém, v. 3, n. 5, jul./dez. 2007.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. 2.ed. São Paulo: Editora Blüncher, 2002. 258p.

DELIGNETTE-MULLER, M. L. et al. fitdistrplus: An R package for fitting distributions. **Journal of Statistical Software**, v. 64, n. 4, p. 1-34, 2015.

DOS SANTOS, R. O. et al. Distribuição diamétrica de uma comunidade arbórea na Floresta Estadual do Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, v. 6, n. 2, p. 24-31, 2016.

GAMA, J. R. V.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J.R. S. Manejo sustentado para floresta de várzea na Amazônia oriental. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 5, p. 719-729, 2005.

HIGUCHI, N. **Utilização e manejo dos recursos madeireiros das florestas tropicais úmidas**. 1994. Disponível em: <<http://repositorio.inpa.gov.br/handle/123/6107>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Árvore**, Viçosa, v.30, n.5, p.759-768, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393 p.

SIST, P. et al. **Management of natural tropical forests for the future**, v.32, p. 1–497-511, 2015. Disponível em: <[wfse-issue-brief-natural-tropical-forests.pdf](#)>. Acesso em: 03 mar. 2018.

Capítulo 53

PADRÃO DE REGENERAÇÃO NATURAL DO MOGNO (*SWIETENIA MACROPHYLLA* KING) EM ÁREA MANEJADA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Quétilla Souza Barros¹, Marcus Vinicio Neves d' Oliveira², Luís Claudio de Oliveira², Nívea Maria Mafra Rodrigues¹, Quinny Soares Rocha¹, Evandro Ferreira da Silva³

¹ Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Acre, Brasil

³ Universidade Federal do Piauí (UFPI), Brasil

Autor correspondente: quetyla@hotmail.com

Resumo: Este trabalho teve como objetivo geral avaliar a dinâmica de ocorrência natural do mogno (*Swietenia macrophylla* King), em fase de plântulas em área de manejo florestal na Floresta Estadual do Antimary-Acre. Foram estudados cinco ambientes: floresta não perturbada, trilhas de arraste, pátios de estocagem, bordas e leitos de estradas. Em todos os ambientes, foram plaqueteadas e medidas todas as plântulas encontradas. Foram calculadas as taxas de ingresso, mortalidade e sobrevivência. As variáveis morfométricas: área de projeção da copa e altura foram obtidas a partir de dados LIDAR. Os principais resultados foram: o maior número de plântulas foi encontrado na floresta não perturbada (86,9%); o número de plântulas aumentou conforme acréscimo nas áreas da copa das matrizes e altura; as variáveis distância e DAP também tiveram efeito no total de plântulas por ambiente; a mortalidade foi maior nas trilhas (67,3%) e a sobrevivência nos pátios (75 %) e leitos de estradas (80%) e na floresta houve maior percentual de ingressos (20,2%). Portanto, pode-se destacar a ocorrência de efeito de ambiente no total de plântulas, sem efeito observado da direção, nos leitos e pátios as plântulas tiveram melhor estabelecimento, a ausência de luz foi um fator determinante para alta mortalidade.

Palavras chave: Sucessão florestal; Ingresso; Mortalidade; Crescimento de plântulas.

REGENERATION PATTERNS OF MAHOGANY (*SWIETENIA MACROPHYLLA* KING) IN LOGGED FOREST IN THE WESTERN AMAZON

Abstract: The main objective this work was to evaluate the dynamics of natural occurrence of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in seedling stage in the area forest management Antimary-Acre. Five environments (undisturbed forest; skid trails; log landings, roads edges and roads bed) were studied. In all studied environments all *S. macrophylla* seedlings found were tagged and measured. Growth, recruitment and mortality rates were calculated along two years. The morphometric variables tree height and crown area were obtained from lidar data processing. The most important results were: most of the seedlings (86.9%) were found in the undisturbed forest; tree height, DBH and crown area influenced seedlings density; mortality rates were lower on the roads bed (80%) e ingrowth rates were higher in the undisturbed forest. The main conclusion was that the distance from the seed trees explained the seedlings density differences among environments, mortality rates were high in all studied areas and the landings provided the best habitat to the seedlings establishment.

Keywords: Forest succession; Recruitment; Mortality; Seedlings growth.

1. INTRODUÇÃO

As florestas localizadas em áreas tropicais representam a parte com maior biodiversidade florística em termos de ecossistemas florestais (MACHADO, 2010). O manejo florestal sustentável para exploração madeireira, tem se mostrado uma boa alternativa, levando em consideração o planejamento e o emprego de técnicas adequadas que permitam uma produção contínua (ANGELO et al., 2014). Essa atividade é considerada a principal atividade econômica que pode proporcionar a conservação das florestas (ROTTA, MICOL e SANTOS, 2006).

Em termos econômicos, *Swietenia macrophylla* King (Mogno) é uma das essências florestais madeireiras mais importantes presentes em florestas tropicais (GROGAN et al., 2005; GROGAN et al., 2014), apresentando maior valor comercial da região tropical (RODRÍGUEZ-MORELOS et al., 2014). Esta espécie ocorre naturalmente com baixa densidade populacional, isto é, menos de um indivíduo por hectare (MARENCO, GONÇALVES e VIEIRA, 2001). Estima-se que tenha restado somente 20% dos estoques de mogno na América do Sul (GROGAN et al., 2010).

O efeito da exploração seletiva na recuperação da população em florestas tropicais e no rendimento futuro da madeira para espécies de alto valor comercial, são desconhecidos pela falta de informação da germinação da semente à senescência (GROGAN et al., 2014). Poucos estudos nessa área foram relacionados ao tema, como por exemplo, Gullison et al. (1996) na Bolívia; d'Oliveira (2000) no Acre; Grogan et al. (2005); Grogan e Galvão (2006) no Pará e Gutiérrez-Granados, Juárez e Alcalá (2011) no México.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica de ocorrência natural do mogno (*Swietenia macrophylla* King), em fase de plântulas, em área de manejo florestal na Floresta Estadual do Antimary-Acre.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A Floresta Estadual do Antimary foi oficialmente criada no ano de 1997, pelo Decreto nº 046 (ACRE, 1997). Pertence a categoria de Unidades de Conservação (UCs) de Uso Sustentável, no qual as populações que nela vivem podem fazer uso dos recursos naturais de forma sustentável (SILVA, 2012), (Figura 3). A FEA está localizada no município de Bujari, no Estado do Acre (68°01' a 68°23' W; 9°13' a 9°31' S). (FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE, 1996).

2.2 Delineamento amostral

Dentro da UPA foram selecionadas 20 árvores matrizes de mogno de um total de 69, de forma intencional dentro das áreas que não foram perturbadas pela atividade de exploração ocorrida em 2013. Essa atividade ocorreu em outubro de 2014. Para contabilização da ocorrência de plântulas na floresta inexplorada, ao redor de cada matriz foram instalados quatro transectos com 40 metros de comprimento por 5 metros de largura, partindo da base de cada árvore matriz em quatro quadrantes: Norte, Sul, Leste e Oeste, com o emprego de fita zebrada para demarcar o centro das subparcelas, conforme adaptado de Grogan et al. (2005). A avaliação do estabelecimento de plântulas foi realizada conforme a direção dos ventos (Figura 1), com intervalos a cada 5 metros (0-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35 e 35-40), para observação da regeneração natural por faixa de medição. Cada matriz foi georreferenciada com GPS geodésico e todas as circunferências a altura do peito foram mensuradas (Figura 1).

Em cada árvore matriz e dentro de cada transecto a ocorrência de plântulas foi contabilizada no início da estação chuvosa (período pós dispersivo) no ano de 2014. Foram contabilizadas todas as plântulas pertencentes a produção de sementes de 2014. No ano seguinte foram realizados levantamentos nos meses de junho, julho e outubro.

Para efeito de determinação da regeneração natural em áreas alteradas pela exploração florestal, foram adotados quatro tratamentos, a considerar mudas presentes em pátios de estocagem de toras; estradas secundárias (borda e leito); e trilhas de arraste. Foram verificadas as trilhas próximas das árvores matrizes, onde foram delimitadas parcelas de 40 m pela largura da trilha, tanto nas estradas de arraste (leito e borda), quanto nos pátios de estocagem. Foram mensuradas todas as plântulas decorrentes em toda faixa extensão do ambiente. O estudo verificou 10 trilhas, três pátios de estocagem e seis estradas, totalizando 19 parcelas em ambientes explorados. Foram considerados como indivíduos regenerantes, todos os indivíduos recém germinados, até mudas com altura máxima de 1,30 m, que foram medidos e plaqueteados. Os levantamentos realizaram-se nos meses de junho e julho de 2015 (início da estação seca) considerando taxas de ingresso, crescimento e mortalidade. O crescimento foi calculado como sendo a diferença em altura (mm), entre as duas medições.

Para obtenção das variáveis morfométricas como a área de projeção da copa (m^2) e altura total (m) foi gerado o modelo de altura do dossel, composto por todos os retonos úteis da amostra dos dados brutos, obtidas com o sobrevôo do LIDAR aerotransportado, presentes no contorno do dossel do talhão de 1000 hectares amostrado pela Empresa Foto Terra no mês de outubro de 2015. Esse modelo foi elaborado por meio do comando *canopymodel* do Fusion versão 3.30, conforme método de d' Oliveira, Figueiredo e Papa (2014). O modelo gerado foi exportado para o ArcGIS versão 10.1. As alturas totais (HT), foram calculadas no programa FUSION versão 3.3, através da ferramenta *measurement marker*, onde a altura total foi baseada na diferença vertical entre o sinal do retorno do solo e o sinal do topo da árvore (Figura 2).

Figura 1. Esquema de delimitação das árvores matrizes de *S. macrophylla* na floresta não perturbada, na Floresta Estadual Antimary-Acre

Figura 2. Visualização da árvore em 3D no programa Fusion

2.3 Análises Estatísticas

Para determinar os efeitos de ambientes (floresta, trilha, pátio, leito e borda de estrada) e direção (Norte, Sul, Leste e Oeste) sobre o número total de plântulas, ingressos, plântulas mortas, sobreviventes e crescimento, foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal & Wallis, 1952) abaixo, usando o PROC NPAR1WAY Wilcoxon com estimação de Monte Carlo. Efeitos significativos de ambientes ou direção foram comparados por meio da transformação de dados originais em rank (PROC RANK) e posterior análise de variância e comparação de médias (PROC GLM LSD).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do teste não paramétrico de Kruskal Wallis (Tabela 1), o ambiente só apresentou efeito significativo para o total de plântulas ($p > \chi^2=0,013$). A origem geográfica (Norte, Sul,

Leste, Oeste), não apresentou significância para nenhuma das variáveis analisadas (total de plântulas, número de ingressos, número de plântulas mortas, número de plântulas vivas e crescimento) (Tabela 1). Verificou-se que estatisticamente as chances de sobrevivência, ingresso, mortalidade e crescimento foram iguais em todos os ambientes e orientações. A maior concentração da população da regeneração natural da *S. macrophylla* foi encontrada na floresta não perturbada 1.559 plântulas (88,8 %), com plântulas apresentando altura média de 22,9 cm $\pm$ 0,14 cm e máxima de 69 cm.

Para os demais ambientes alterados pela exploração madeireira, a quantidade de plântulas foi bem inferior: 87 (4,9%), nas bordas das estradas, com média de altura de 31,7 cm $\pm$ 1,4 cm com altura máxima de 1,0 m, 27 (1,5 %), nos leitos, com altura média de 35 cm $\pm$ 1,4 cm, com máximo de 49 cm de altura e 79 (4,5 %), nas trilhas de arraste, com altura média de 26,7 cm $\pm$ 1,1 cm e máxima de 65 cm de altura e nos pátios quatro plântulas (0,22%), com altura média de 39,03 cm $\pm$ 15,5 cm, nesse ambiente foi encontrada a maior plântula das áreas alteradas com 1 m de altura, totalizando 1.756 plântulas amostradas (Figura 2).

Das 1.559 plântulas inventariadas dentro da floresta 81,4 % morreram entre os dois levantamentos, nas trilhas de arraste a porcentagem de mortalidade foi de 88,6 %, nas bordas das estradas 69%, nos leitos das estradas 51,9%. Os pátios de estocagem apresentaram as taxas de mortalidade mais baixas, 25% (Figura 2). Na floresta foi observado uma taxa de ingressos de 25,4 %, nas bordas 3,4 %, nos leitos 3,7 % e nos pátios e trilhas não houve ingressos (Figura 2). Dos três pátios inventariados, em apenas um havia plântulas de mogno, distantes 80 m em relação a matriz mais próxima. Em todas amostras feitas nas estradas foram encontradas mudas de mogno, mas em metade das trilhas estudadas não foi observada a presença de regeneração natural da espécie.

Na floresta sem intervenção, as sementes de mogno germinaram com maior intensidade, padrão semelhante ao mencionado por Morris et al, (2000), na península de Yucatán-México, Observamos que as taxas de regeneração natural foram inferiores nas áreas exploradas, devido estarem mais distantes das árvores matrizes estudadas, a exemplo, as áreas exploradas que cruzaram com o raio de 40 m das parcelas amostrais dentro da floresta, tiveram uma média de distância de 18,6 m, ou seja, fora do limite de maior dispersão de sementes (10-15 m). Fredericksen e Pariona (2002) e Grogan e Galvão (2006), em estudos realizados na Bolívia e no Pará-Brasil, respectivamente, observaram a mesma situação. Denotamos com base nos levantamentos de campo, que o mogno apresentou um padrão de frutificação irregular, com anos de alta produção de frutos, seguidos de período de baixa ou nenhuma frutificação, observação que já havia sido realizada por Grogan e Galvão (2006), em áreas do Estado do Pará-Brasil.

Observamos que as plântulas que sobreviveram no intervalo entre os levantamentos, estavam localizadas em partes da floresta que permitiam a entrada de luz (pequenas clareiras). Grogan et al., (2003), em estudo semelhante no Estado do Pará-Brasil, observaram que mudas pequenas pertencentes ao ciclo de regeneração recente, haviam sido suprimidas pela vegetação competitiva.

A tabela 2, apresenta o resultado do ajuste das médias pelo teste F, para o efeito do ambiente no número de plântulas, com a inserção das covariáveis DAP, altura, área de copa e distância. Como observado, todos os efeitos foram representativos, com maior significância estatística para ambiente com covariável distância ($p < 0,0001$), o ambiente sem nenhuma covariável ($p = 0,0064$), seguido do ambiente e covariável altura ($p = 0,0075$), ambiente e covariável DAP (0,0146) e ambiente com covariável área de projeção copa ($p = 0,0149$). Pelos resultados obtidos, o número de plântulas variou principalmente em função da distância em relação a matriz, quanto mais próximo maior a quantidade de plântulas, do ambiente, houve ao menos um ambiente mais significativo, do diâmetro, altura e área de projeção da copa.

Houve uma tendência de matrizes com maior porte em altura, diâmetro e área da copa produzirem mais plântulas (ex: matriz 74 Ht= 48,68 m, DAP=143,27, área de copa=245,44 número de plântulas na floresta=395), Apêndice 2 A. Padrão também mencionado por outros autores (ex. GULISSON et al., 1995; e VERWER et al., 2008 e CAMARÁ-CABRALES e KELTY 2009,). Grogan e Galvão (2006), denotaram também que matrizes com diâmetro > 60 cm

eram mais fecundas. O que nos leva a afirmar que para estudos de dinâmica da *S. macrophylla* todas essas variáveis mencionadas (distância, ambiente, altura, área de projeção da copa e DAP) devem ser mensuradas, para conhecimento do padrão comportamental da espécie.

Tabela 1. Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para o efeito do meio ambiente (sub-bosque, pista de derrapagem, aterrisagem, bordas secundárias e leito da estrada) e direção cardinal (norte, sul, leste e oeste) sobre o número total de mudas, crescimento e crescimento, sobrevivência e mortalidade de *S. macrophylla* nos anos 2014-2015 na APU 3, Floresta Estadual Antimary, Estado do Acre, oeste da Amazônia

Tratamento	Variável	df	χ^2	$p > \chi^2$
Ambiente	Número total de plântulas	4	12,68	0,013
	Ingresso	3	4,68	0,197
	Mortalidade	4	6,87	0,143
	Sobrevivência	4	8,04	0,090
	Crescimento	4	1,07	0,785
Direções	Número total de plântulas	4	2,15	0,708
	Ingresso	4	1,7	0,791
	Mortalidade	4	7,8	0,099
	Sobrevivência	4	7,26	0,123
	Crescimento	4	6,64	0,084

Fonte: Autores (2020).

Tabela 2. Teste F para o efeito do ambiente e covariáveis DAP (cm), altura (m), área de copa (m²) e distância (m) sobre o número de plântulas *S. macrophylla* por ambiente (floresta, trilha, pátio, borda e leito de estrada), no período de 2014-2015 na Floresta Estadual do Antimary-Acre

Efeito	Covariáveis	GL	Valor de F	P
Ambiente	-	4	4,35	0,0064
	DAP	5	3,40	0,0146
	Altura	5	3,89	0,0075
	Área de copa	5	3,38	0,0149
	Distância	5	13,58	<0,0001

Nota: *Diferença significativa ($p < 0,05$). Fonte: Autores (2020).

4. CONCLUSÃO

Os parâmetros distância, área de projeção da copa, altura total e DAP influenciaram o número de plântulas por árvore matriz, quanto maior o porte, mais elevada a produção de juvenis.

A sobrevivência foi maior nos pátios de estocagem, ambiente visualmente com maior luminosidade.

As sementes de mogno não demandaram luz para germinação, porém a falta dela aliadas a baixa fertilidade do solo pode ter influenciado as altas taxas de mortalidade e baixo crescimento das plântulas.

As perturbações promovidas pela exploração florestal, não foram suficientes para favorecer a regeneração natural do mogno devido a limitação de dispersão das sementes, consequentemente não favoreceu a ocorrência de plântulas nos demais ambientes estudados (trilhas, pátios, bordas e leitos de estradas).

Mesmo a espécie tendo sido preservada e a exploração madeireira tenha criado ambientes favoráveis ao desenvolvimento das plântulas, o fato de não ter havido regeneração diferenciada nos ambientes alterados por operações florestais, denota que tratamentos silviculturais como abertura do dossel, plantios de enriquecimento e diminuição da competição para favorecer o

crescimento e a sobrevivência das plântulas sejam necessários para garantir a regeneração da espécie.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, H; SILVA, J.C; ALMEIDA, A.N; POMPERMAYER, R.S. Análise estratégica do manejo florestal na Amazônia brasileira. **Floresta**, v. 44, n. 3, p. 341 - 348, 2014.
- CAMARÁ-CABRALES, C; KELTY, M.J. Seed dispersal of big-leaf mahogany (*Swietenia Macrophylla*) and its role in natural forest management in the Yucatán península, Mexico. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 21, n. 3, p. 235–245, 2009.
- D' OLIVEIRA, M.V.N. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.127, p. 67-76, 2000.
- D' OLIVEIRA, M.V.N; FIGUEIREDO, E.O. PAPA, D.A. **Uso do Lidar como Ferramenta para o Manejo de Precisão** **Uso do Lidar como Ferramenta para o Manejo de Precisão em Florestas Tropicais**. – Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- FREDERICKSEN, T. S.; PARIONA, W. Effect of skidder disturbance on commercial tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 171, n. 3, p. 223–230, 2002.
- FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. **Floresta Estadual do Antimary** – Volume I: estudos básicos. Rio Branco: FUNTAC, 1996. 198 p.
- GROGAN, J; BLUNDELL, A; LANDIS, R.M; GULLISON, R.E; MARTINEZ, M; KÓMETTER, R; LENTINI, M; RICE, R.E. Over-harvesting driven by consumer demand leads to population decline: big-leaf mahogany in South America. **Conservation Letters**, v.3, n.1, p. 12–20, 2010.
- GROGAN, J; GALVÃO, J. Factors Limiting Post-logging Seedling Regeneration by Big-leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Southeastern Amazonia, Brazil, and Implications for Sustainable Management. **Biotropica**, v.38, n.2, p. 219–228, 2006.
- GROGAN, J; LANDIS, R.M; ASHTON, M.S; GALVÃO, J. Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 204, n. 2-3, p. 399–412, 2005.
- GROGAN, J; LANDIS, R. M; FREE, C.M; SCHULZE, M.D; LENTINI, M; ASHTON, M.S. Mark D. Schulze. Big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* population dynamics and implications for sustainable management. **Journal of Applied Ecology**, v.51, n.3, p. 664–674, 2014
- GULLISON, J; PANFIL, S. N.; STROUSE, J. J.; HUBBEL, S. P. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**.v.122, n.1, p.9-34, 1996.
- GUTIÉRREZ- GRANADOS, G.G.; JUÁREZ, V; ALCALÁ, RE. Natural and human disturbances affect natural regeneration of *Swietenia macrophylla*: Implications for rainforest management. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n.2, p. 161–169, 2011.
- KRUSKAL, W. H; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**.n. 47, p.583-621, 1952.

MACHADO, K.S.S. **Estrutura e composição florística de uma floresta de terra firme na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã, Amazônia Central**. (Dissertação de mestrado em Botânica). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, 2010.

MARENCO, R; GONÇALVES, J.F.C; VIEIRA, G. Leaf gas Exchange and carbohydrates in tropical trees differing in successional status in two light environments in central Amazônia. **Tree Physiology**, v. 21 p. 1311-1318, 2001.

MORRIS, M; NEGREROS-CASTILLO, P.N; MIZE, C. Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). **Forest Ecology and Management**, v.132, n.1-3, p. 173-181, 2000.

NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. W. Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. **New Forests**, v. 44, n. 1, p. 85–99, 2013.

RAMÍREZ, A; DÍAZ-RIVERA, P. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of seedlings and mature trees of *Swietenia macrophylla* (Magnoliophyta: Meliaceae) in Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 87, n. 1, p. 9, 2014.

RODRÍGUEZ-MORELOS, V. H; SOTO-ESTRADA, A; PÉREZ-MORENO, J; FRANCO-

ROTTA, G.W; MICOL, R; SANTOS, N.B. **Manejo florestal sustentável no Portal da Amazônia um benefício econômico, social e ambiental**. IMAZON. -- Alta Floresta-MT:ICV, 2006. Disponível em:<<http://www.icv.org.br/site/wp-content/uploads/2013/08/cartilhamfs.pdf>>. Acesso em: 25 de nov.2015;

SILVA, S.M.P. **Políticas Públicas e Ambientalismo no Agroamazônico: um estudo de caso do Acre (1999-2010)**. 343 f. Doutorado (Ciências Sociais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, 2012.

VERWER, C et al. Silviculture enhances the recovery of overexploited mahogany *Swietenia macrophylla*. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.1770–1779, 2008.

Capítulo 54

DETERMINAÇÃO DA DISTÂNCIA ÓTIMA ENTRE ESTRADAS EM UMA ÁREA DE MANEJO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Evandro Ferreira da Silva¹, Jeangelis Silva Santos¹, Rachel Clemente Carvalho¹, Jéferson Pereira Martins Silva¹, Gilson Fernandes da Silva¹, Lucas Duarte Caldas¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: evandroflorestal@gmail.com

Resumo: A produção de madeira oriunda da exploração de florestas naturais na Amazônia é a principal fonte de geração de renda do setor florestal no norte do Brasil, sendo o Manejo Florestal Sustentável (MFS) considerado a forma mais adequada para utilização dos recursos naturais. Desse modo, o desenvolvimento de pesquisas aplicadas que tenham como metas minimizar impactos ambientais e diminuir custos da exploração de modo a aperfeiçoar o planejamento tradicional empregado é uma necessidade do setor. O objetivo desse trabalho foi avaliar três metodologias para a determinação do espaçamento ótimo entre estradas, bem como analisar os seus custos totais e impactos ambientais. O trabalho foi realizado na Unidade de Trabalho 05 da Flona Saracá-Taquera, Oriximiná, Pará, Brasil, com uma área de 187 ha. O primeiro método consistiu na aplicação da equação de espaçamento ótimo entre estradas da FAO. No segundo método, foi utilizada a equação de densidade ótima de estradas, sendo o cálculo do espaçamento ótimo entre estradas feito de acordo com Machado. No terceiro método foram analisados 10 diferentes cenários variando o espaçamento entre estradas de 100 até 1.000 m, sendo o melhor cenário aquele que possui o menor custo total. Adicionalmente foi realizada uma análise dos impactos ambientais gerados pelos diferentes métodos. O método 1 apresentou o maior custo e o menor impacto ambiental. O método 2 foi considerado inviável do ponto de vista legal, apesar de ter baixo custo. Comparando os métodos analisados, o método 3 foi o que apresentou melhores resultados, considerando os critérios custo total e impactos ambientais.

Palavras chave: Manejo florestal sustentável, manejo florestal de precisão, planejamento florestal.

EVALUATION OF DIFFERENT METHODOLOGIES FOR DETERMINING OPTIMAL DISTANCE BETWEEN ROADS IN A MANAGEMENT AREA IN BRAZILIAN AMAZON

Abstract: Timber production from Amazon forests is the main source of income in the forest sector in northern Brazil, and Sustainable Forest Management (MFS) is considered the most appropriate way to use natural resources. Thus, the development of applied research that aims to minimize environmental impacts and reduce exploration costs in order to improve the traditional planning is an industry necessity. The objective of this work was to evaluate three methodologies for determining the optimal road spacing, as well as to analyze their total costs and environmental impacts. The work was carried out at Work Unit 05 of Flona Saracá-Taquera, Oriximiná, Pará, Brazil, with an area of 187 ha. The first method consisted of applying FAO's optimal road spacing equation. In the second method, the optimal road density equation was used, and the optimal road spacing was calculated according to Machado. In the third method, 10 different scenarios were analyzed, varying the road spacing from 100 to 1,000 m, with the best scenario having the lowest total cost. Additionally, an analysis of the environmental impacts generated by the different methods was performed. Method 1 had the highest cost and lowest environmental impact. Method 2 was considered legally unfeasible, despite its low cost. Comparing the analyzed methods, method 3 presented the best results, considering the total cost and environmental impacts criteria.

Keywords: Sustainable forest management; precision forest management, forest planning.

1. INTRODUÇÃO

O Manejo Florestal Sustentável (MFS) tem como base proporcionar a viabilização dos recursos florestais madeireiros e não-madeireiros (HOSOKAWA et al., 1998; ROTTA; et al., 2006; VIANA, 2000), resultando em benefícios sociais, econômicos e ambientais (SANTOS; SILVA, 2005; TIMOFEICZYK JÚNIOR et al., 2005), propiciando a redução de resíduos, aumento de produtividade, menor impacto à floresta remanescente, além de proporcionar maior segurança de trabalho (AMARAL et al., 1998).

Em operações de MFS, o planejamento do projeto e a sua execução, fundamentados em técnicas de impacto reduzido, tem sido considerado uma ferramenta necessária na redução das taxas de desmatamento e impactos ambientais em áreas de floresta tropical (DARRIGO; et al., 2016; PUTZ et al., 2012; SCHWARTZ et al., 2012). Uma das atividades que causa maior impacto em áreas de manejo é a construção de estradas para escoamento da madeira explorada.

O planejamento de estradas em áreas de manejo florestal na Amazônia é realizado, em grande parte, seguindo uma diretriz de planejamento sistemático, que é uma assimilação do planejamento empregado na formação de talhões em florestas plantadas no Brasil. Este método emprega a alocação de estradas florestais construídas de forma paralela. Assim, calcula-se a densidade ótima de estradas (DOE), que é a quantidade linear de estrada por unidade de área ($m.ha^{-1}$).

A aplicação de conceitos de sistema de informação geográfica (SIG) e a utilização das ferramentas de forma sinérgica pode ser considerada como manejo florestal de precisão (MFP), que por meio de cálculos espaciais e planejamento otimizado busca as melhores alternativas de planejamento e execução de atividades florestais (FIGUEIREDO; LIMA, 2008; RIBEIRO, 2002). A determinação da quantidade de estradas em áreas de manejo pode ser otimizada ao se adotar princípios do MFP, permitindo minimizar os custos de construção das estradas e os impactos florestais advindos dessa atividade.

Entretanto, considerando a escassez de metodologias de exploração otimizadas utilizadas pelo setor, as pesquisas a respeito do planejamento da exploração de florestas nativas na Amazônia ainda são incipientes, necessitando de estudos que analisem sua viabilidade técnica e econômica de forma sustentável. Nesse contexto, presente trabalho avaliou três metodologias para a determinação da distância ótima entre estradas, bem como analisar os seus custos totais e impactos ambientais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O local de estudo está localizado em uma área de concessão florestal da Flona Saracá-Taquera, situada entre as coordenadas geográficas 1°20' e 1°55' de latitude Sul e 56°00' e 57°15' de longitude Oeste, à margem direita do Rio Trombetas e inserida nos municípios de Faro, Oriximiná e Terra Santa, localizados no estado do Pará (Figura 1).

Figura 1. Localização da Flona Saracá-Taquera

A distância máxima de arraste foi abordada por três métodos distintos: 1) equação de espaçamento ótimo entre estradas (EOE) (FAO, 1974); 2) equação de densidade ótima de estradas (DOE), sendo o cálculo da EOE de acordo com Machado (2013) e; 3) método proposto no presente trabalho. A forma de cálculo dessas três metodologias será apresentada a seguir.

O primeiro método, utilizando o EOE, utilizou a Equação 1 desenvolvida com base de planejamento sistemático em plantios florestais pela FAO (1974):

$$EOE = 2\sqrt{\frac{10 * C}{V * tr}} \quad (1)$$

Em que: EOE = Espaçamento ótimo entre estradas (m); C = Custo da construção de estradas (principal: R\$ 1.705,99 e secundária: R\$ 866,61); V = Volume explorável por hectare (21,30 m³ ha⁻¹); tr : custo de arraste em R\$ m⁻¹ m³⁻¹ (0,00261).

Para o cálculo do Tr utilizou-se a Equação 2.

$$tr = \frac{\left(\frac{Hsk}{\left(\frac{RA}{VMT} \right) * (DA * 2)} \right)}{\left(VMT * \left(\frac{RA}{VMT} \right) \right)} \quad (2)$$

Em que: HSk = Valor da hora máquina Skidder (352,88 R\$ hora⁻¹); RA = rendimento de arraste (38,90 m³ hora⁻¹); VM = Volume médio da tora (4,16 m³) e DA = Distância média de arraste (186,19 m).

No segundo método, inicialmente foi calculado o DOE , conforme a Equação 3 (FAO, 1974). Em seguida, foi calculado o EOE , de acordo com a relação inversa, conforme proposto por Machado (2013) (Equação 5).

$$DOE = 50 \sqrt{\frac{C * t * v * Q}{R}} \quad (3)$$

Em que: C = custo da extração (24,36 R\$ km⁻¹); t = fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada e não termina no ponto mais próximo ao de origem, estimado normalmente entre 1 e 1,5 (1,25); v = fator de correção quando as estradas não são paralelas e são tortuosas com espaçamentos desiguais entre si, estimado normalmente entre 1 e 2 (1); Q = volume de madeira a ser colhida (21,30 m³ha⁻¹) e R = custo de construção da estrada em (1.705,99 R\$ km⁻¹).

A variável C é calculada pela seguinte equação (4):

$$C = \frac{e * T * 10000}{L} \quad (4)$$

Em que: e = custo de extração (5,88 R\$ minuto⁻¹); T = tempo gasto na extração, em viagem com e sem carga, para percorrer a distância de 1 metro (0,0172 minuto); L = capacidade de carga média do maquinário de extração (4,16 m³).

$$EOE = \frac{10000}{DOE} \quad (5)$$

O terceiro método foi aplicado segundo o conceito de Braz e d'Oliveira (1997), que propõem cenários com distâncias médias de arraste em função de estradas secundárias com diferentes espaçamentos (Figura 2). Ao se conhecer os custos reais das atividades, pode ser definido um ponto médio de equilíbrio entre o custo de arraste (R\$ m⁻¹) e o custo de construção de estradas (R\$ m⁻¹). Esse ponto representa o cenário com o custo total mínimo e irá definir o EOE .

Desse modo, procedeu-se com o processamento de 10 cenários com EOE variando de 100 a 1000 m e consequentemente distância máxima de arraste sendo o valor da metade do EOE . Os procedimentos para aplicação dessa metodologia foram ordenados na seguinte sequência:

- Definição dos custos de trilha de arraste (0,0921 R\$ m⁻¹) e estrada florestal secundária (0,8661 R\$ m⁻¹);
- Alocação das estradas secundárias de forma sistemática, com início do planejamento na borda do talhão com distância igual a metade do EOE definido no cenário, conforme Figura 1;
- Cálculo de todas as distâncias euclidianas de ligação da árvore até o ponto mais próximo da estrada (distância de arraste);
- Estimativa de custos totais da trilha de arraste e estrada secundária.

Figura 2. Cenários para cálculo do EOE com o método 3

Para avaliar o desempenho dos métodos testados, foi calculado o custo total (CT), que é dado em função do custo de arraste e custo das estradas secundárias, e também a percentagem de impactos causados pela construção das estradas na unidade de trabalho (TAES). O TAES leva em consideração dois fatores: a área total da área de trabalho e a área de estradas secundárias. A área da unidade de trabalho é de 187 ha e a área das estradas secundárias é dada pela multiplicação do comprimento das estradas pela largura média obtida em campo de 5,7 m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pelos diferentes métodos analisados são apresentados na Tabela 1. Os valores de EOE e distância máxima de arraste (DMA) são influenciados pela estrutura da floresta e pela tecnologia empregada na extração da madeira. O valor de rendimento de arraste utilizado para cálculo do EOE no método 1 foi de 39,90 m³.h⁻¹, considerado alto em comparação com as florestas do Acre, em que o rendimento médio é de 27,28 m³.h⁻¹ (FIGUEIREDO; LIMA, 2008). Esse alto rendimento na área de estudo resultou em uma DMA elevada para o método 1. Entretanto, distâncias de arraste acima de 400 m geram ciclos de extração mais longos e com maior carga e, por isso, são esporadicamente utilizadas. Nesse caso, em que a DMA foi superior a 500 m, poderia ocorrer o desgaste e superaquecimento da máquina, sendo necessário realizar pausas para resfriamento do motor, afetando o rendimento. Nessa área de manejo, em fase de planejamento são priorizadas DMA de 250 m, semelhante aos valores obtidos em estudos em florestas plantadas (LOPES et al., 2017; LOPES; OLIVEIRA; SAMPIETRO, 2013; MCEWAN; BRINK; SPINELLI, 2017; OLIVEIRA et al., 2006).

O método 2 resultou em valores de distâncias mais baixos, porém com uma elevada densidade de estradas. Em média, é observado em projetos de exploração um DOE de 17 a 24 m.ha⁻¹, a alta densidade de estradas florestais promove impactos ambientais em florestas nativas pela necessidade de remoção da cobertura do solo. Um ponto necessário de ser avaliado é a estimativa de impactos, dado pela porcentagem de área impactada pela construção de estradas (TAES). A título de comparação, na Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente, nº 4 de 04/03/2002 (BRASIL, 2002) que foi revogada pela Instrução Normativa MMA nº 4, de 11.12.2006, DOU 13/12/2006, o impacto ambiental gerado por estradas florestais não deveria ser superior a 1% da área da unidade de manejo, o método 2 gerou mais impactos ambientais do que o método 1, não sendo considerado viável legalmente.

Tabela 1. Resultado dos cenários propostos para cálculo do EOE

Método		DOE	EOE	DMA	CT (R\$)	TAES (%)
1		-	1.109,00	554,48	1.733,22	0,61
2		30,83	324,33	162,17	5.199,66	1,83
3	Cenário 1	101,60	100	50	16.465,60	5,79
	Cenário 2	48,13	200	100	7.799,49	2,74
	Cenário 3	32,09	300	150	5.199,66	1,83
	Cenário 4	26,74	400	200	4.333,05	1,52
	Cenário 5	21,39	500	250	3.466,44	1,22
	Cenário 6	16,04	600	300	2.599,83	0,91
	Cenário 7	16,04	700	350	2.599,83	0,91
	Cenário 8	16,04	800	400	2.599,83	0,91
	Cenário 9	10,70	900	450	1.733,22	0,61
	Cenário 10	10,70	1.000	500	1.733,22	0,61

Nota: DMA = Distância máxima de arraste; CT = custo total; TAES = percentagem de área impactada pela construção de estrada na UT-5.

O cenário 3, com menor custo dentre os cenários do método 3, estimou valor de EOE próximo ao estimado pelo método 2, o mesmo aconteceu para os valores de DOE. Porém, com esse valor de DOE, o impacto ambiental estimado também está acima de 1%. Dessa forma, o cenário 6 foi considerado o melhor para determinação do EOE pelo método 3. Comparando os métodos analisados, o método 3 foi o que apresentou melhores resultados, considerando os critérios DMA, CT e TAES.

4. CONCLUSÃO

Dentre as metodologias analisadas o método 3, cenário 6, foi o que apresentou melhor resultado e pode ser adotado como procedimento em planejamentos de manejo florestal na Amazônia.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P. et al. **Floresta para sempre: um manual para produção de madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 4, de 4 de março de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 mar. 2002.
- BRAZ, E. M.; D'OLIVEIRA, M. V. N. **Planejamento de arraste mecanizado em floresta tropical**. Instruções Técnicas. Rio Branco, AC: EMBRAPA, 1997.
- DARRIGO, M. R.; VENTICINQUE, E. M.; SANTOS, F. A. M. DOS. Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 360, p. 52–59, 2016.
- FAO. **Logging and log transport in tropical high forest: a manual on production and costs**. Roma: (FAO. fprest Series, 5, FAO. Forestry Development Paper, 18), 1974.
- FIGUEIREDO, E. O.; LIMA, Q. S. **Coefficientes Técnicos para o Inventário e Manejo Florestal com Emprego do Modelo Digital de Exploração Florestal (Modelflora)**. 2008.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo economia de floresta**. Curitiba: UFPR, 1998.
- LIMA, M. P. DE et al. Metodologia para planejamento das pilhas de madeira utilizando geotecnologia e pesquisa operacional. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 309–319, 2011.
- LOPES, E. S. et al. Variables Influencing Working Time and Skidder Productivity in Wood

Extraction. **Nativa**, v. 5, n. 4, p. 298–302, 2017.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, D. DE; SAMPIETRO, J. A. Influence of wheeled types of a skidder on productivity and cost of forest harvesting. **FLORESTA**, v. 44, n. 1, p. 53, 6 nov. 2013.

MACHADO, C. C. **Construção e Conservação de Estradas Rurais e Florestais**. n. January 2013, p. 441, 2013.

MCEWAN, A.; BRINK, M.; SPINELLI, R. Factors affecting the productivity and work quality of chain flail delimbing and debarking. **Silva Fennica**, v. 51, n. 2, 2017.

OLIVEIRA, R. J. DE et al. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “clambunk skidder”; **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 267–275, abr. 2006.

PUTZ, F. E. et al. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. **Conservation Letters**, v. 5, n. 4, p. 296–303, ago. 2012.

RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**, Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002, p. 311–335.

ROTTA, G. W.; MICOL, L.; SANTOS, N. B. DOS. **Manejo sustentável no portal da Amazônia: Um benefício econômico, social e ambiental**. Alta Floresta, MT: ICV, 2006.

SANTOS, R. A.; SILVA, Z. A. G. P. DA G. E. **Custo do manejo florestal madeireiro no acre: estudo de caso na floresta estadual do Antimary**. 2005.

SCHWARTZ, G. et al. Mid-term effects of reduced-impact logging on the regeneration of seven tree commercial species in the Eastern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 274, p. 116–125, jun. 2012.

TIMOFEICZYK JÚNIOR, R. et al. Estrutura de custos do manejo de baixo impacto em florestas tropicais – Um estudo de caso. **Floresta**, v. 35, n. 1, p. 89–103, 2005.

VIANA, V. M. **Os caminhos para nossas florestas**. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/fz2006200010.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

Capítulo 55

ALOCAÇÃO ÓTIMA DE PÁTIOS DE ESTOCAGEM EM ÁREA DE MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA

Evandro Ferreira da Silva¹, Rachel Clemente Carvalho¹, Jeangelis Silva Santos¹, Gilson Fernandes da Silva¹, Jéferson Pereira Martins Silva¹, Quétilla Souza Barros¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: evandroflorestal@gmail.com

Resumo: O manejo florestal sustentável é a forma mais correta de exploração dos recursos da região amazônica e deve ser feito minimizando os impactos ambientais. Estudos envolvendo ferramentas de pesquisa operacional são fundamentais no planejamento e gestão desses empreendimentos. Esse trabalho teve como objetivo avaliar cinco diferentes cenários utilizando técnicas de otimização para alocar os pátios de estocagem de madeira em uma área de manejo florestal no estado do Pará, Brasil. Os resultados foram comparados com o que é feito tradicionalmente por empresas de manejo florestal (quinto cenário). Foi comparado o número de pátios a serem alocados e a quantidade de estradas florestais, bem como os respectivos custos e impactos ambientais. A metodologia proposta se mostrou eficiente, permitindo uma redução significativa dos custos e impactos ambientais.

Palavras chave: Pesquisa operacional; Exploração de impacto reduzido; redução de custos.

OPTIMAL STORAGE YARDS ALLOCATION IN AMAZON FOREST MANAGEMENT AREA

Abstract: Sustainable forest management is the most appropriate form of exploitation of Amazonian resources and should be done by minimizing environmental impacts. Studies involving operational research tools are fundamental in the planning and management of these enterprises. This study aimed to evaluate five different scenarios using optimization techniques to allocate wood storage yards in a forest management area in the state of Pará, Brazil. The results were compared with what is traditionally done by forest management companies (fifth scenario). The number of yards to be allocated and the number of forest roads, as well as their costs and environmental impacts, were compared. The proposed methodology proved efficient, allowing a significant reduction of costs and environmental impacts.

Keywords: Operational research; Reduced impact exploitation; cost reduction.

1. INTRODUÇÃO

A região amazônica possui uma grande quantidade de recursos madeireiros e não madeireiros com crescente demanda no mercado nacional e internacional. A exploração racional desses recursos é feita em áreas sob o regime de manejo florestal sustentável (MFS), em que o planejamento do projeto e a execução das atividades de exploração são fundamentados em técnicas de impacto reduzido. Com isso, é possível realizar a exploração dos recursos naturais e ainda reduzir as taxas de desmatamento e impactos ambientais (DARRIGO et al., 2016; PUTZ et al., 2012).

Ferramentas de pesquisa operacional (PO) têm sido utilizadas para melhorar o planejamento das operações e gerenciamento das atividades da exploração em florestas nativas da Amazônia. Diversos estudos têm analisado a eficiência de aplicação de técnicas de PO para o manejo da exploração florestal, se destacando pesquisas relacionadas a alocação ótima de pátios de estocagem e pilhas de madeira, distância ótima de extração e simulação de exploração de impacto reduzido (GOMIDE et al., 2011; LEITE, 2017; LIMA et al., 2011; MALINOVSKI et al., 2008; MARTINHAGO, 2012; SILVA, 2014a, 2014b).

Entretanto, considerando a escassez de metodologias de exploração otimizadas utilizadas pelo setor, as pesquisas a respeito do planejamento da exploração de florestas nativas na Amazônia ainda são incipientes, necessitando de estudos que analisem sua viabilidade técnica e econômica de forma sustentável. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar diferentes cenários de modelagem do problema de alocação de pátios de estocagem de madeira em uma área de manejo florestal sustentável e comparar seus resultados com o planejamento tradicionalmente realizado na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na Flona Saracá-Taquera, situada entre as coordenadas geográficas 1°20' e 1°55' de latitude Sul e 56°00' e 57°15' de longitude Oeste, à margem direita do Rio Trombetas e inserida nos municípios de Faro, Oriximiná e Terra Santa, no Pará, Brasil. Limita-se ao norte com a Reserva Biológica do Rio Trombetas, e tem como limite geográfico, em sua maior parte, o Rio Trombeta. A unidade de trabalho (UT) utilizada foi a UT-5 com 187 ha, 893 árvores selecionadas para abate e volume total estimado de 4.738,68 m³.

2.2 Modelo de otimização para a alocação de pátios de estocagem

O modelo de otimização utilizado para a alocação dos pátios de estocagem foi baseado no modelo de p-mediana, capacitado com restrição de distância máxima ótima de arraste (Equação 1).

$$\text{Minimizar} : \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\sum_{j=1}^p x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^p Y_j = p \quad (3)$$

$$x_{ij} - Y_j \leq 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n q_i x_{ij} \leq Q_j \quad (5)$$

$$d_{ij} x_{ij}^k \leq D \max \quad (6)$$

Em que: i = árvores; j = pátio; P = número total de pátios passíveis de serem alocados em uma determinada área; d_{ij} = distância euclidiana da árvore i para o pátio j ; p = quantidade de pátios a serem efetivamente alocados ($p \in P$); x_{ij} = variável binária (0 ou 1) que assume o valor 1 caso a árvore i seja arrastada para o pátio j , e 0 em caso contrário; Y_j = é uma variável binária (0, 1), assumindo o valor 1 para um pátio selecionado e zero em caso contrário; q_i = volume da árvore i , Q_j = volume máximo do pátio j ; $D \max$ = distância máxima de ligação entre o cliente i até o pátio j ; k = árvores pertencentes à classe k .

A função objetivo (FO) (1) minimiza o somatório da distância euclidiana entre cada cliente e instalação. A primeira restrição (2) garante que cada árvore não pode ser ligada a mais de um pátio. A segunda restrição (3) assegura que, de todos os pátios possíveis (P) de serem selecionados, apenas um determinado número de pátios será selecionado (p). Na prática, esta restrição garante que um número reduzido e pré-definido de pátios (p) seja selecionado, isto é, a seleção de p dentro de P . A terceira restrição (4), associada com a segunda restrição (3), permite decidir quais serão as p instalações selecionadas dentro de P . A quarta restrição (5) não permite que a capacidade máxima de volume do pátio (Q_j) seja ultrapassada, e a restrição (6) impossibilita que uma árvore i da classe k seja ligada ao pátio j além da distância máxima de ligação permitida ($D \max$). O índice k está relacionado a carga máxima de transporte do trator de extração florestal.

2.3 Definição dos possíveis locais de pátios de estocagem

Foi adotada a metodologia utilizada por Martinhago (2012) e Silva (2014b). Inicialmente, foi realizada uma análise da declividade, pois os pátios devem ser alocados em locais planos e com boa drenagem, por haver tráfego de máquinas (FIGUEIREDO; BRAZ; D'OLIVEIRA, 2007; SILVA, 2014b). Desse modo, foi utilizada a imagem de radar da missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* para realizar a modelagem da elevação, sendo selecionadas como áreas potenciais para a alocação dos pátios aquelas com declividade de até 10%.

Em seguida, foi definida a área de influência das árvores remanescentes (*buffer* de 20 m) para evitar que o pátio seja alocado em locais com árvores de grande porte e, consequentemente, os locais fora da área foram considerados viáveis para a alocação de pátios de estocagem.

Por fim, foi alocado um grid de 30x30 m na área da UT nos locais aptos para alocação, resultando em 657 possíveis pátios de estocagem de madeira. Todo o geoprocessamento foi realizado no ArcGis 10.3.

2.4 Cenários avaliados

A proposta foi confrontar o planejamento obtido por meio de PO com o tradicionalmente executado para a área de estudo. Foram comparadas as atividades de planejamento e execução de

estradas florestais e das trilhas de arraste, que dependem diretamente da alocação dos pátios. Para tanto, foi considerada uma distância máxima ótima de arraste de 300 m para o método utilizando PO. Além disso, foi considerado o valor de 350 m³ como volume máximo de estocagem de cada pátio, em função de critérios de segurança pela formação de pilhas de até 3,5 m de altura, área disponível para manobras dos tratores e logística de transporte de madeira.

Tradicionalmente, não é realizada a alocação de trilhas de arraste na fase de planejamento de projeto, sendo as mesmas alocadas na fase de execução da exploração. Por esse motivo, as análises estatísticas foram realizadas apenas levando em consideração a distância euclidiana da ligação árvore-pátio.

Por fim, após mensuração geral dos dois planejamentos, foram avaliadas de forma quantitativa em relação aos parâmetros: volume, distância, custo estimado em cada atividade e impacto ambiental. Assim, os cenários definidos são:

- Cenário 1: modelo com restrição de volume máximo e distância máxima k_1 e k_2 iguais;
- Cenário 2: modelo com restrição de volume máximo e distância máxima, sendo k_1 = limite máximo e k_2 = 2/3 de k_1 .
- Cenário 3: modelo sem restrição de volume máximo e distância máxima, sendo k_1 = limite máximo e k_2 = 2/3 de k_1 ;
- Cenário 4: modelo com restrição de volume máximo e restrição de distância máxima, com 25% de relaxação das restrições; e
- Cenário 5: planejamento executado em campo.

Quando as restrições causaram inviabilidade, o valor de p foi acrescido em uma unidade até se conseguir uma solução viável. O planejamento foi processado nos softwares Cplex 12.6 (método exato) e ArcGis 10.3.

2.5 Mensuração das variáveis analisadas

Na comparação dos diferentes cenários, foi utilizado SIG para quantificar a infraestrutura proposta. Para a estimativa de impactos ambientais, foi utilizado o valor médio de 5,7 metros de largura na construção de estradas florestais. As trilhas de arraste não foram calculadas como impacto, pois as mesmas não foram planejadas (as trilhas são definidas em campo após alocação de estrada e pátio). A área (ha) dos pátios também foi considerada como impacto gerado pela alocação do mesmo.

2.6 Análise dos custos

Os valores dos custos das atividades foram obtidos junto ao escritório da empresa e os coeficientes de produção de cada atividade foram obtidos por meio de estudo de tempos e movimentos realizado em campo. Foi acompanhada a abertura de 1.191 m de estrada principal, 2.996 m de estradas secundárias, 8 pátios de estocagem e 122 ciclos de arraste. Em função dos coeficientes de produção e custo da atividade foi possível determinar os custos utilizados nas equações citadas anteriormente.

A construção de estradas principais obteve rendimento médio de 124,19 m h⁻¹, as secundárias 251,0 m h⁻¹ e a abertura de pátio tempo médio de 1,20 hora, todas com um custo médio de 225,64 R\$ h⁻¹. A atividade de arraste das toras teve um custo de 320,80 R\$ h⁻¹, com tempo médio de 6,42 minutos por ciclo, distância média de 186,19 m e volume médio de transporte de 4,16 m³.

Para definir qual cenário proposto obteve menor custo de instalação da infraestrutura foi calculado a quantidade de infraestrutura planejada e multiplicado pelo custo da unidade de cada instalação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos diferentes cenários em relação ao número de pátios, estradas florestais, trilhas de arraste, área impactada (AI) e custos totais.

Tabela 1. Custos da infraestrutura estimado em cada cenário

Cenário	Pátio			Estrada florestal			Trilhas de arraste		Total (R\$)
	Nº	R\$	AI (%)	km	R\$	AI (%)	km	R\$	
1	14	3.803,18	0,37	4,64	8.698,35	0,99	115,52	10.644,43	23.145,96
2	18	4.889,81	0,48	5,47	10.263,23	1,17	101,6	9.361,79	24.514,83
3	18	4.889,81	0,48	5,47	10.263,23	1,17	101,6	9.361,79	24.514,83
4	12	3.259,87	0,32	4,33	8.125,61	0,93	124,25	11.448,84	22.834,33
5	16	4.346,49	0,43	5,23	9.814,54	0,69	166,27	15.320,72	29.481,75

Dentre os cenários analisados, a quantidade de estradas nos cenários não apresenta grande variação. Silva (2014b), em seu trabalho, discute que no planejamento da exploração as estradas florestais não apresentam grande variação na quantidade, tendo maior mudança no layout da infraestrutura. Na Figura 1 é possível verificar a diferença no layout dos pátios e estradas.

A título de comparação, na Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente, nº 4 de 04/03/2002 (BRASIL, 2002) que foi revogada pela Instrução Normativa MMA nº 4, de 11.12.2006, DOU 13/12/2006, a área dos pátios de estocagem não deve ser superior a 0,75% da área da UT, enquanto a área das estradas não deve ultrapassar 1%. Desta forma, todos os cenários estão em conformidade em relação ao pátio de estocagem. Já em relação às estradas florestais, apenas os cenários 2 e 3 não atendem a legislação. Como não foram planejadas as trilhas de arraste (as mesmas são definidas em campo durante a execução), não estimado o impacto gerado por essas.

De acordo com a Tabela 1, é possível eleger o melhor cenário para o planejamento da exploração. Os cenários 1 e 4 apresentaram melhor desempenho, reduzindo os custos em 21,49 e 22,55%, respectivamente. Embora o cenário 4 apresente um menor impacto estimado e maior redução dos custos, na configuração das restrições foi admitido um relaxamento de 25% dos valores limites. Visando um planejamento que seja mais realista, sabe-se que por influência do terreno, barreiras físicas e traçado da trilha de arraste, em geral, há uma tendência de aumento da distância de arraste. Desta forma, esse relaxamento de 25% nos valores limites do cenário 4 podem ser maiores ainda quando executado em campo, gerando maiores custos.

Nos cenários 2 e 3, a restrição de volume não influenciou no resultado do modelo, sendo a restrição de distância a mais limitante nos cenários. Em função da disposição das árvores em campo, a variação do modelo com distâncias diferentes para árvores com volume acima de 4,8 m³, promoveu uma maior abertura de pátios de estocagem, o que promoveu um aumento nos custos totais, quando comparado com os cenários 1 e 4. Dessa forma, o cenário 1 apresenta-se como melhor alternativa para o presente planejamento da exploração.

Figura 1. Disposição dos pátios e estradas planejados nos diferentes cenários

4. CONCLUSÃO

A presente metodologia demonstrou redução nos custos da infraestrutura planejada para exploração.

É relevante ressaltar que estudos a respeito das variáveis que compõem o modelo são escassos e que existe uma lacuna de estudos para a sua definição no planejamento.

Desse modo, a forma de comprovar a eficiência do planejamento proposto é estimando e quantificando as variáveis apresentadas.

O cenário 1 resultou na melhor alternativa para o presente planejamento da exploração.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Instrução Normativa nº 4, de 4 de março de 2002. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 mar. 2002.
- DARRIGO, M. R.; VENTICINQUE, E. M.; SANTOS, F. A. M. DOS. Effects of reduced impact logging on the forest regeneration in the central Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 360, p. 52–59, 2016.
- FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; D'OLIVEIRA, M. V. N. **Manejo de precisão em florestas tropicais: Modelo digital de exploração florestal**. Rio Branco, AC: EMBRAPA-Acre, 2007.
- GOMIDE, L. R.; MOURA, A. L. DE M.; MELLO, J. M. DE. Simulação otimizada da exploração florestal de impacto reduzido em uma mata nativa localizada em Lavras, MG. **XX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**, p. 6, 2011.
- LEITE, C. C. C. **Custo de produção de madeira me tora e definição ótima de produção anual me florestas nativas na Amazônia**. Jerônimo Monteiro: UFES, 200 p. Dissertação (Dissertação em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.
- LIMA, M. P. DE et al. Metodologia para planejamento das pilhas de madeira utilizando geotecnologia e pesquisa operacional. **Cerne**, v. 17, n. 3, p. 309–319, 2011.
- MALINOVSKI, R. A. et al. Otimização da distância de extração de madeira com forwarder Optimization. **Scientia Forestalis**, v. 36, n. 79, p. 171–179, 2008.
- MARTINHAGO, A. Z. **Otimização para a locação de pátios de estocagem para exploração de impacto reduzido na amazônia brasileira**. Lavras: UFLA, 2012. 162 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- PUTZ, F. E. et al. Sustaining conservation values in selectively logged tropical forests: the attained and the attainable. **Conservation Letters**, v. 5, n. 4, p. 296–303, ago. 2012.
- SILVA, P. H. **Desenvolvimento de um modelo para alocação ótima de pátios de estocagem de madeira**. Lavras: UFLA, 2014a. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014a.
- SILVA, E. F. DA. **Alocação de pátios de estocagem em planos de manejo na amazônia por meio de programação matemática**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2014, 84 p. Dissertação (Dissertação em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014b.

Capítulo 56

ESPACIALIZAÇÃO DO CARBONO ESTOCADO NA SERAPILHEIRA EM FRAGMENTO DE FLORESTA SEMIDECIDUAL DA MATA ATLÂNTICA

Danilo Henrique dos Santos Ataíde¹, Júlia Martins Dias de Oliveira¹, Lucas da Silva Cardoso¹, Anna Luiza de Sousa Oliveira¹, Bruno Araújo Furtado de Mendonça¹, Emanuel José Gomes de Araújo¹

¹ Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil
Autor correspondente: daniloataide.florestal@gmail.com

Resumo: Informações relacionadas ao conteúdo de carbono presente na serapilheira de florestas são importantes para compreender o fluxo de carbono no sistema. Entretanto, a sua quantificação tradicional utiliza a média e a variação para representar a população, desconsiderando a possível relação espacial da variável. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a dependência espacial e mapear o estoque de carbono presente na serapilheira em pequeno fragmento de floresta inequidimensional. O estudo foi conduzido em 3,24 hectares de um fragmento de floresta estacional semidecidual localizada no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, a partir de 42 pontos amostrais distribuídos sistematicamente na área. A espacialização do carbono estocado na serapilheira, bem como o erro padrão de predição foi realizado por meio da análise geoestatística. Os resultados descritivos demonstram que o estoque médio de serapilheira no fragmento foi de 9,09 Mg.ha⁻¹, enquanto que o estoque médio de carbono foi igual a 3,36 Mg.ha⁻¹. O carbono estocado na serapilheira apresentou moderada dependência espacial, no qual o modelo gaussiano foi superior ao esférico e exponencial na predição dos ponderadores utilizados na krigagem ordinária. O mapa gerado para a variável de interesse apresentou estratos bem definidos, que permitiram descrever os padrões espaciais do carbono no fragmento. O mapa do erro padrão de predição apresentou maiores incertezas nas bordas do fragmento e estimativas mais consistentes no centro do fragmento, demonstrando a influência da área de borda na redução da dependência espacial da variável. Conclui-se que a geoestatística garante a espacialização do carbono estocado em serapilheira, devendo investigar seu desempenho em fragmentos com menor área de borda.

Palavras chave: Estoque de carbono; geoestatística; krigagem ordinária.

SPACIALIZATION OF LITTER CARBON STOCK IN FRAGMENT OF SEMIDECIDUAL FOREST OF ATLANTIC FOREST

Abstract: Information related to the carbon content present in the forest litter is important to understand the carbon flow in the system. However, its traditional quantification uses the mean and variation to represent the population, disregarding the potential spatial relationship of the variable. In this sense, the objective of this study was to evaluate the spatial dependence and map the carbon stock present in the litter in a small fragment of unequal forest. We conducted a study on 3.24 hectares of a semideciduous seasonal forest fragment, located on the campus of the Federal Rural University of Rio de Janeiro, from 42 sampling points systematically distributed in the area. Spatialization of carbon stored in the litter, as well as the standard error of prediction was realized by geostatistical analysis. The descriptive results show that the average litter stock in the fragment was 9.09 Mg.ha⁻¹, while for the average carbon stock it was 3.36 Mg.ha⁻¹. Carbon stored in litter showed moderate spatial dependence, in which the gaussian model was superior to the spherical and exponential model in the prediction of the weights used in ordinary kriging. The map generated for the variable of interest presented well defined strata, which allowed observing the spatial variation of carbon in the fragment. The prediction standard error map presented larger uncertainties at the edges of the fragment and more consistent estimates at the fragment center, demonstrating the influence of the border area in breaking the spatial dependence of the variable. We concluded that geostatistics guarantees the spatialization of carbon stored in litter, and should investigate its performance in fragments with smaller edge area.

Keywords: Carbon stock; geostatistic; ordinary kriging.

1. INTRODUÇÃO

A serapilheira é um componente importante para as florestas, sendo responsável pela ciclagem dos nutrientes. Neste processo ocorre a devolução de parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas ao solo, contribuindo para sua manutenção e sustentação (SCHUMACHER et al., 2003). Além disso, a estimativa do estoque total de serapilheira em uma floresta possibilita a quantificação do carbono estocado acima da superfície do solo (ALMEIDA et al., 2010), ampliando a compreensão da dinâmica do carbono no sistema solo-planta.

No entanto, os estudos relacionados a quantificação do estoque de carbono na serapilheira, na sua maioria, utilizam a média e o desvio padrão para representar a variável, desconsiderando sua possível relação de dependência espacial. A aplicação do método geoestatístico possibilita a estimativa e o mapeamento de variáveis regionalizadas em locais não amostrados através da contribuição de amostras com valores conhecidos (YAMOMOTO & LANDIM, 2013).

Estudos utilizando esse método para estimativas de variáveis dendrométricas (PELISSARI et al., 2014) e componentes do solo (AQUINO et al., 2014) vem apresentando resultados satisfatórios nas ciências agrárias. Um estudo realizado por Moraes et al. (2017) no cerrado, indicou que a biomassa e o estoque de carbono presente na serapilheira possuem estrutura de dependência espacial, dando suporte para a aplicação da geotecnologia em outras regiões.

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a dependência espacial e mapear o estoque de carbono presente na serapilheira em pequeno fragmento de floresta ineqüânea.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em fragmento florestal com área de 3,24 hectares, localizado no Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, município de Seropédica, Rio de Janeiro (22° 45' 26'' S e 43° 41' 52'' O). O clima da região, segundo Köppen, é do tipo Aw (ALVARES et al., 2014), caracterizado como tropical úmido de verões chuvosos e invernos secos. A altitude varia de 0 a 25 m e o relevo é em média plano (GASPARINI et al., 2013) e segundo o IBGE, o fragmento pode ser classificado como Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO et al., 1992).

A coleta de dados foi realizada por meio do processo de amostragem sistemática, onde foram alocadas e georreferenciadas 42 unidades amostrais. Em cada uma dessas unidades, um gabarito de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) foi utilizado para demarcar a área da retirada do material. Para cada amostra, foi considerado como biomassa de serapilheira todos os materiais lenhosos, foliares e reprodutivos presentes na superfície do solo dentro da região delimitada pelo gabarito.

Toda a serapilheira presente no gabarito foi coletada, sendo em seguida acondicionada em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 65° C por 72 horas, até atingir o peso constante. O valor em cada ponto amostrado foi extrapolado para hectare. O carbono estocado na serapilheira foi definido pelo produto da sua biomassa total pelo fator 0,37, recomendado para florestas tropicais (IPCC, 2006). Após a obtenção do estoque de carbono na serapilheira por hectare, foram obtidas estatísticas descritivas dos dados e, na sequência, realizada a geoestatística.

Para a caracterização e modelagem da dependência espacial da variável, foi construído o semivariograma, (Equação 1) e a partir dos parâmetros iniciais: efeito pepita (C_0), contribuição (C) e alcance (a), foi realizado o ajuste dos modelos gaussiano (Equação 2), exponencial (Equação 3) e esférico (Equação 4).

$$(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{\left(-\frac{h}{a}\right)^2} \right] \quad (2)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{\left(-\frac{h}{a}\right)} \right] \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= C_0 + C \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] && \text{para } h < a \\ \gamma(h) &= C_0 + C && \text{para } h \geq a \end{aligned} \quad (4)$$

Em que: $\gamma(h)$ = semivariância estimada entre pares de pontos; $N(h)$ = número de pares de valores medidos $z(x_i)$, $z(x_i + h)$, separados pela distância; C_0 = efeito pepita; C = contribuição; a = alcance; n é o número de observações; $z(x_{i0})$ = valor observado no ponto i_0 ; $\hat{z}(x_{i0})$ = valor estimado no ponto i_0 ; $\sigma(x_{i0})$ = desvio padrão do interpolador no ponto i_0 .

A escolha do melhor modelo teórico de semivariância baseou-se no menor Critério de Informação de Akaike e Bayesiano, em conjunto com o valor do erro absoluto (EA) e erro médio reduzido (**ER**) mais próximo de zero e desvio padrão do erro reduzido (S_{ER}) mais próximo de um (MELLO et al., 2005).

Em seguida, estimou-se o índice de dependência espacial ($IDE = C_1/(C_0 + C_1)$), classificando-o em dependência espacial: fraca ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE < 75\%$); e forte ($IDE \geq 75\%$) (ZIMBACK, 2001).

Constatada a dependência espacial, aplicou-se a krigagem ordinária (Equação 5) para estimar e espacializar o carbono estocado na serapilheira e o erro padrão da predição (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (5)$$

Em que: $Z(x_0)$ = estimativa no ponto não amostrado; $Z(x_i)$ = valor observado no i -ésimo ponto amostral; n = número de pontos amostrados; λ_i = peso associado ao i -ésimo ponto amostrado ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque médio de serapilheira no fragmento foi de $9,09 \text{ Mg.ha}^{-1} (\pm 3,16 \text{ Mg.ha}^{-1})$, enquanto que para o estoque médio de carbono foi igual a $3,36 \text{ Mg.ha}^{-1} (\pm 1,17 \text{ Mg.ha}^{-1})$. Em estudo realizado em um fragmento de floresta estacional semidecidual, Torres et al (2013) encontraram estimativas superiores, com estoque de médio de serapilheira e carbono de $11,54 \text{ Mg.ha}^{-1} (\pm 6,15 \text{ Mg.ha}^{-1})$ e $4,27 \text{ Mg.ha}^{-1} (\pm 2,28 \text{ Mg.ha}^{-1})$, respectivamente. A maior variação média encontrada pelos autores pode estar relacionada à topografia mais acidentada do local em relação a área deste estudo.

O carbono estocado em serapilheira apresentou estrutura dependência espacial nos modelos de semivariograma teórico esférico, exponencial e gaussiano, com moderada força em todos os casos (Tabela 1). Entretanto, é necessário destacar que o valor da dependência espacial, independente do modelo avaliado, ficou mais próximo do limite inferior do que superior da classe moderada.

Tabela 1. Parâmetros, estatísticas de ajuste, índice de dependência espacial e média espacial dos modelos de semivariância teóricos esférico, exponencial e gaussiano do carbono estocado em serapilheira em floresta estacional semidecidual

Modelo	C0	C	a	EA	$\overline{ER}$	Ser	AIC	BIC	IDE%
Esférico	0,96	0,47	164,30	-0,004	0,00	1,07	136,64	143,59	32,77
Exponencial	0,88	0,52	49,44	-0,004	0,01	1,08	137,34	144,29	37,08
Gaussiano	1,03	0,54	106,58	-0,001	0,00	1,07	136,52	143,47	34,54

Nota: Em que: C₀ = efeito pepita; C = contribuição; a = alcance; EA = erro absoluto; $\overline{ER}$ = erro médio reduzido; Ser = desvio padrão dos erros reduzidos; AIC e BIC = critério de informação de Akaike e Bayasiano, respectivamente; IDE% = índice de dependência espacial em porcentagem.

O modelo gaussiano foi aquele que se aderiu melhor ao semivariograma experimental, apresentando as melhores estatísticas de ajuste. O alcance prático da dependência espacial foi de 106,58 metros, demonstrando o raio médio em que dois pontos encontram-se relacionados espacialmente (MELLO, 2005). Esta distância pode ser indicadora da intensidade amostral para análise geoestatística em levantamentos do carbono da serapilheira em pequenos fragmentos florestais.

A krigagem ordinária permitiu a espacialização de estratos bem definidos do estoque de carbono na serapilheira (Figura 1. A), em que padrões espaciais entre 1,75 Mg.ha⁻¹ e 4,75 Mg.ha⁻¹ foram representados de cores mais frias para mais quentes. Morais et al. (2017) encontraram forte estrutura de dependência espacial do carbono estocado em serapilheira em vegetação do cerrado (111.9 ha), com uma maior variação dos padrões espaciais, entre 3,95 Mg.ha⁻¹ a 9,75 Mg.ha⁻¹. Desse modo, o comportamento espacial do carbono na serapilheira pode ser relacionado também ao bioma avaliado.

Figura 6. (A) - carbono estocado na serapilheira e (B) - erro padrão de predição do carbono estocado na serapilheira em fragmento de floresta da Mata Atlântica, Seropédica (RJ).

Conforme observado na Figura 1. B, o erro padrão de predição variou entre 0,38 Mg.ha⁻¹ e 0,65 Mg.ha⁻¹. Destaca-se que os maiores erros estão correlacionados com as áreas de borda do fragmento estudado, ou seja, em uma região mais exposta a ventos e luminosidade. Desse modo, área de borda influenciou diretamente na redução da dependência espacial da variável.

4. CONCLUSÃO

O carbono estocado na serapilheira apresenta moderada estrutura de dependência espacial, permitindo a espacialização da variável por meio da análise geoestatística. Em pequenos fragmentos florestais, a maior área de borda pode reduzir a dependência espacial do carbono estocado na serapilheira, sugerindo que em fragmentos florestais com menor área de borda, a análise geoestatística pode garantir estimativas espaciais mais precisas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. M. et al. Determinação do estoque de carbono em teca (*Tectona grandis* LF) em diferentes idades. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 559-568, 2010.
- ALVARES, C.A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- AQUINO, R. E. de et al. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.
- CORREIA, M. D. et al. Modelagem geoestatística da distribuição de carbono do solo e biomassa de herbáceas em sistema silvopastoril na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biomassa**, v. 31, n. 2, p. 116-129, 2014.
- GASPARINI, K. A. et al. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicadas na identificação de conflitos do uso da terra em Seropédica-RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 3, p. 296-306, 2013.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: agriculture, forestry and other land use. Japan: **Institute for Global Environmental Strategies** (IGES), 2006. v.4.
- MELLO, J. M. et al. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 113-126, 2005.
- MORAIS, V. A. et al. Spatial and vertical distribution of litter and belowground carbon in a brazilian cerrado vegetation. **Cerne**, v. 23, n. 1, p. 43-52, 2017.
- PELISSARI, A. L. et al. Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos florestais de teca, em períodos pré-desbaste seletivo, no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 32, n. 3, p. 430-444, 2014.
- SCHUMACHER, M. V. et al. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 791-798, 2003.
- TERRA, M. C. N. S.; MELLO, J. M.; MELLO, C. R. Relação espacial do carbono da vegetação e matéria orgânica do solo na Serra da Mantiqueira. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 446-455, 2015.
- TORRES, C. M. M. E. et al. Quantificação de biomassa e estocagem de carbono em uma floresta estacional semidecidual, no parque tecnológico de Viçosa, MG. **Revista Arvore**, v. 37, n. 4, p. 647-655, 2013.
- VELOSO, H. P. et al. Manual técnico da vegetação brasileira. **Rio de Janeiro: IBGE**, 1992.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. ***Geoestatística: conceitos e aplicações***. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

ZIMBACK, C. R. L. ***Geoestatística***. 1. ed. Botucatu: UNESP, 2003.

Capítulo 57

AVALIAÇÃO DA COKRIGAGEM COMO ALTERNATIVA NA ESTIMATIVA DO VOLUME EM POVOAMENTO DE *Eucalyptus* sp.

Julia Martins Dias de Oliveira¹, Lucas da Silva Cardoso¹, Pedro Vaz da Rocha¹, Danilo Henrique dos Santos Ataíde¹, Marco Antonio Monte¹, Emanuel José Gomes de Araújo¹

¹ Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

Autor correspondente: juliamdo96@gmail.com

Resumo: O volume de madeira produzido em povoamentos florestais informa o potencial produtivo e econômico da área, sendo importante para diversos processos e tomada de decisão dentro de um empreendimento florestal. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da geoestatística utilizando a cokrigagem na estimação do volume por hectare em um povoamento de eucalipto. O estudo foi realizado em um povoamento clonal de *Eucalyptus* sp. de 377 hectares, com idades variando entre 6,5 e 7,5 anos, localizado no município de Bocaiúva, Minas Gerais. O processo de amostragem foi sistemático contendo 233 unidades amostrais com área de 200 m², onde foram mensuradas as variáveis diâmetro a 1,30 m do solo, altura total e obtidas as coordenadas geográficas centrais de cada unidade. Para o estudo também foram consideradas as variáveis volume e área basal, idade e altura dominante segundo o conceito de Assmann. O processamento geoestatístico foi realizado utilizando a cokrigagem ordinária, onde as análises de dependência espacial foram realizadas separadamente para seis associações entre o volume e as outras variáveis. Em cada associação foram ajustados os modelos exponencial, esférico e gaussiano ao semivariograma cruzado. O melhor modelo para cada grupo foi avaliado por meio do erro médio reduzido, desvio padrão do erro reduzido e índice de dependência espacial. A partir da seleção do modelo, a melhor associação entre variáveis foi comparada pelo erro médio da predição, raiz quadrada do erro médio, correlação de Pearson entre valores observados e estimados, índice de concordância de Willmot e índice de desempenho. A cokrigagem tem potencial para estimar os valores de volume em m³ha⁻¹, com um bom desempenho quando associado as variáveis altura total e diâmetro a 1,30 do solo.

Palavras chave: Espacialização; Interpolação; Geoestatística.

COKRIGAGE EVALUATION AS AN ALTERNATIVE IN THE VOLUME ESTIMATE IN EUCALYPTUS STAND

Abstract: The volume of wood produced in forest stands informs the productive and economic potential of the area, being important for various processes and decision making within a forest enterprise. Therefore, the objective of this work was to evaluate the performance of geostatistics using Cokrigagem to estimate the volume per hectare in a Eucalyptus stand. The study was carried out in a clonal stand of *Eucalyptus* sp. of 377 hectares, with ages ranging from 6.5 to 7.5 years located in the municipality of Bocaiúva, Minas Gerais. The sampling process was systematic containing 233 sample units with an area of 200 m², where the variables diameter at 1.30 m from the soil, total height were measured, and the central geographic coordinates of each unit were obtained. The study also considered the variables volume and basal area, age and dominant height according to the Assmann concept. Geostatistical processing was performed using ordinary cokriging, where spatial dependence analyzes were performed separately for six associations between volume and other variables. In each association the exponential, spherical and gaussian models were adjusted to the cross semivariogram. The best model for each group was evaluated by means of reduced mean error, standard deviation of reduced error and spatial dependence index. From the model selection, the best association between variables was compared by the mean prediction error, square root mean error, Pearson correlation between observed and estimated values, Willmot agreement index and performance index. Cokrigagem has the potential to estimate volume values in m³ / ha, with a good performance when associated with the variables total height and diameter at 1.30 from the ground.

Keywords: Spatialization; Interpolation; Geoestatistic.

1. INTRODUÇÃO

O potencial produtivo e econômico de um povoamento florestal é medido por meio do volume de madeira que este é capaz de produzir. A obtenção dessa variável permite estabelecer modelos para gerar estimativas de volume, prognose e funções de afilamento que permitem quantificar o sortimento, além de outras informações indispensáveis para o manejo dos povoamentos (SCOLFORO & THIERSCH, 2004). Logo, o volume é uma variável de grande importância que embasa diversos processos e na tomada de decisão dentro de um empreendimento florestal.

A quantificação do volume é um processo que demanda tempo e alto custo, sendo dependente do número de amostras retiradas (LUDGREN et al, 2015). Uma atividade comum nas ciências florestais, é a realização de estimativas do volume por meio das equações volumétricas, das quais utilizam-se como variáveis explicativas o diâmetro a 1,30 metros do solo (DAP) e a altura total (Ht). No entanto, um dos problemas relacionado as equações volumétricas é que estas possuem caráter local e específico, ou seja, nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições (ANDRADE et al, 2019).

Uma alternativa ao método supracitado é o uso da geoestatística, que além de poder gerar estimativas confiáveis permite a espacialização da variável, destacando que inúmeros estudos demonstram que as variáveis dendrométricas apresentam estruturação espacial. Considerando povoamentos de eucalipto, pode-se citar os resultados positivos obtidos por Mello et al (2005); Mello et al (2009); Guedes et al (2012); Guedes et al (2015).

Segundo Landin (2002), os procedimentos básicos da geoestatística são a krigagem e cokrigagem. A cokrigagem faz uso de variáveis secundárias de fácil medição e fortemente correlacionadas com a variável explicativa para melhorar as estimativas de uma variável de interesse (LUDGREN et al. 2015). Quando consideramos o objetivo de estimar o volume de madeira, a cokrigagem pode-se apresentar como uma ferramenta eficiente. No entanto, faz-se necessário conhecer quais as possíveis combinações de variáveis dendrométricas fornecem resultados favoráveis para tal.

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da geoestatística utilizando a cokrigagem na estimativa do volume por hectare em um povoamento de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Bocaiúva, estado de Minas Gerais. O clima é classificado como Aw segundo a classificação de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso (ALVARES et al., 2014). Os dados foram obtidos de um povoamento clonal de *Eucalyptus* sp. com 377 hectares de área, com idades variando entre 6,5 e 7,5 anos. Foram alocadas 233 unidades amostrais com área de 200 m², utilizando o processo de amostragem sistemática (Figura 1). Em cada unidade amostral, foram mensurados o diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) e a altura total (Ht), e obtidas as coordenadas geográficas centrais.

Figura 7. Localização da área de estudo e unidades amostrais

Para o estudo foram utilizados dados referentes aos valores médios do DAP e Ht em cada unidade amostral e os valores extrapolados por hectare do volume (V) e área basal (G). Além disso, foram utilizados a idade (I) do povoamento e a altura dominante (Hd) segundo o conceito de Assmann (SCOLFARO, 2006).

Na análise geoestatística, utilizou-se a cokrigagem ordinária (YAMAMOTO & LANDIM, 2013), onde o estudo semivariográfico foi realizado por meio do semivariograma cruzado (Equação 1). Para seis associações entre o volume e as demais variáveis citadas acima, realizou-se a análise de dependência espacial separadamente.

$$\gamma_{12}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} \{ [Z_1(x_i) - Z_1(x_i + h)] \cdot [Z_2(x_i) - Z_2(x_i + h)] \} \quad (1)$$

Em que: $\gamma(h)$ = semivariância estimada entre pares de pontos; $N(h)$ = número de pares de valores medidos $z(x_i)$, $z(x_i + h)$, separados pela distância h ; γ_{12} = semivariância cruzada estimada entre pares de pontos; Z_1 = variável primária (V); Z_2 = variável secundária (outras variáveis).

Foram ajustados ao semivariograma cruzado os modelos exponencial (Equação 2), esférico (Equação 3) e gaussiano (Equação 4), e obtidos os parâmetros efeito pepita (C_0), contribuição (C) e alcance (a). Por meio desses parâmetros foi obtido o índice de dependência espacial (IDE) (Equação 5), e para a qualidade dos ajustes calculou-se os valores do erro médio reduzido ($\bar{ER}$) (Equação 6) e desvio padrão dos erros reduzidos (S_{er}) (Equação 7).

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{\left(-\frac{h}{a}\right)} \right] \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= C_0 + C \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] && \text{para } h < a \\ \gamma(h) &= C_0 + C && \text{para } h \geq a \end{aligned} \quad (3)$$

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{\left(-\frac{h}{a}\right)^2} \right] \quad (4)$$

$$IDE = \frac{C}{(C_0 + C)} \quad (5)$$

$$\overline{ER} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{z(x_{i0}) - \hat{z}(x_{i0})}{\sigma(x_{i0})} \quad (6)$$

$$S_{er} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{z(x_{i0}) - \hat{z}(x_{i0})}{\sigma(x_{i0})} \right\}^2} \quad (7)$$

Em que: C_0 = efeito pepita; C = contribuição; a = alcance; n é o número de observações; $z(x_{i0})$ = valor observado no ponto i_0 ; $\hat{z}(x_{i0})$ = valor estimado no ponto i_0 ; $\sigma(x_{i0})$ = desvio padrão do interpolador no ponto i_0 .

Após a seleção do melhor modelo para cada associação, utilizou-se a cokrigagem ordinária para gerar as estimativas espaciais e obter os mapas temáticos do volume em $m^3 ha^{-1}$. A qualidade das estimativas foi avaliada pelos parâmetros da raiz quadrada do erro médio (RQEM) (Equação 8), o erro médio da predição (BIAS) (Equação 9), a correlação de Pearson (r) e o índice de concordância de Willmott (d). Por fim, o índice de desempenho (c) foi utilizado para representar a precisão e exatidão da espacialização, verificando qual das associações apresentou melhor resultado e qual (ARAÚJO et al., 2018) por meio da relação $c = rd$. As análises geoestatísticas e os mapas foram realizadas utilizando o software ArcMap 10.5.

$$RQEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / n}{\bar{y}}} \quad (8)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n} \quad (9)$$

Em que: y_i = i -ésimo valor observado; $\hat{y}_i$ = i -ésimo valor estimado; $\bar{y}$ = média dos valores observados; n = número de observações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variável volume apresentou estrutura de dependência espacial em todas as associações e modelos ajustados utilizando a cokrigagem ordinária (Tabela 1), assim como encontrado por Lundgren et al. (2017) quando o volume foi associado ao DAP, e por Pelissari et al. (2014) quando associado à área basal. De forma semelhante ao encontrado por esses dois autores, os valores de IDE para essas combinações foram baixos, indicando que ambas as variáveis não contribuem para a espacialização.

Tabela 1. Índice de dependência espacial, parâmetros de ajuste e métodos de avaliação para os modelos teóricos ajustados

Variáveis secundárias	Modelo	IDE(%)	Co	A	C	$\overline{ER}$	Ser
DAP	Exponencial	55,40	0,88	720,52	1,10	-0,0097	1,4107
	Esférico	44,41	1,05	565,98	0,84	-0,0122	1,4539
	Gaussiano	36,79	1,20	501,54	0,70	-0,0101	1,5509
G	Exponencial	37,65	6,39	685,11	3,86	-0,0067	1,3197

	Esférico	28,51	7,12	558,29	2,84	-0,0045	1,3936
	Gaussiano	23,53	7,64	495,45	2,35	-0,0045	1,5205
Ht	Exponencial	100,00	0,00	667,73	15,88	-0,0033	1,1374
	Esférico	84,06	2,24	547,08	11,80	0,0000	1,1908
	Gaussiano	69,18	4,36	480,74	9,79	-0,0019	1,4140
Hd	Exponencial	100,00	0,00	649,64	23,59	-0,0037	1,3139
	Esférico	100,00	0,00	554,50	17,26	0,0002	1,2139
	Gaussiano	89,26	1,74	480,84	14,44	0,0004	1,4111
I	Exponencial	100,00	0,00	753,31	4,41	-0,0053	1,5964
	Esférico	100,00	0,00	576,46	3,23	-0,0030	1,6395
	Gaussiano	96,60	0,09	499,98	2,47	-0,0004	1,6467
Ht e DAP	Exponencial	60,84	0,78	646,08	1,20	-0,0055	1,0137
	Esférico	47,05	1,00	540,33	0,89	-0,0032	1,0854
	Gaussiano	39,21	1,16	473,78	0,75	-0,0064	1,3415

Nota: Em que: V = volume; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; G = área basal; Ht = altura total; Hd; altura dominante; I = idade em meses; C_0 = efeito pepita; C = contribuição; A = alcance; $\overline{ER}$ = erro médio reduzido; S_{er} = desvio padrão do erro reduzido; IDE (%) = índice de dependência espacial em porcentagem.

Os maiores valores de dependência espacial foram encontrados para as combinações onde a variável de interesse estava associada à Ht, Hd ou a I. Porém mesmo que a relação com Ht tenha apresentado forte dependência, esse resultado se altera quando a variável DAP é inserida no estudo do semivariograma cruzado, reduzindo o valor de IDE de forte para moderado, segundo a classificação de Zimback (2003).

O modelo exponencial apresentou os melhores parâmetros para as combinações testadas, exceto com a variável Hd, na qual o esférico foi melhor. Em todos os casos os modelos selecionados apresentaram valores de erro médio reduzido mais próximos de 0 e valores de desvio padrão dos erros reduzidos mais próximos de 1. Utilizando os modelos selecionados, são apresentados os mapas temáticos da espacialização do volume referente a cada associação com as demais variáveis (Figura 2).

Figura 2. Distribuição espacial do volume (m^3/ha) de acordo com os modelos selecionados utilizando a Cokrigagem para as seis associações estudadas, onde: V = volume; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; G = área basal; Ht = altura total; Hd = altura dominante; I = idade

Nos mapas é possível observar com melhor detalhamento a espacialização do volume quando este está associado à Ht, e quando associado à Ht e DAP, com pequenas diferenças entre os dois casos.

Confirmando o que pode ser visto nos mapas, percebe-se que mesmo a combinação entre o volume e as variáveis Ht e DAP não apresentando forte dependência espacial, essa apresentou melhor índice de desempenho, seguida da associação com Ht e Hd. Ambos os casos também apresentaram os menores valores de BIAS e RQEM (Tabela 2).

Tabela 5. Estatísticas de avaliação para o melhor modelo selecionado de cada grupo onde foi aplicado a Cokrigagem

Variáveis secundárias	Modelo	BIAS	RQEM	r	d	c	Desempenho
DAP	Exponencial	-0,2631	19,5177	0,62	0,96	0,60	Bom
G	Exponencial	-0,1831	18,3963	0,68	0,97	0,66	Bom
Ht	Exponencial	-0,0958	16,9474	0,74	0,97	0,72	Bom
Hd	Esférico	0,0057	17,8202	0,70	0,97	0,68	Bom
I	Exponencial	-0,1392	21,1993	0,52	0,96	0,49	Regular
Ht e DAP	Exponencial	-0,1715	16,0618	0,77	0,98	0,75	Bom

Nota: Em que: V = volume; DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; G = área basal; Ht = altura total; Hd = altura dominante; I = idade em meses; BIAS = erro médio da predição, RQEM = raiz quadrada do erro médio; r = correlação de Pearson; d = índice de concordância de Willmot; c = índice de desempenho.

Os parâmetros de avaliação em conjunto com os mapas demonstram que mesmo aplicando a geoestatística, existe uma forte relação entre essas variáveis. Fato também apresentado quando utilizados os modelos volumétricos clássicos de Schumacher e Hall e Spurr (MARTINS et al., 2015; AZEVEDO et al., 2011), onde as melhores estatísticas de precisão para estimar o volume foram encontradas quando utilizadas as variáveis Ht e DAP como variável independente, em povoamentos de *Eucalyptus* sp.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a cokrigagem é uma ferramenta geoestatística com potencial para estimar os valores de volume em povoamentos de *Eucalyptus* sp., apresentando um bom desempenho quando o volume (variável primária) está associado as variáveis Ht e DAP (variáveis secundárias).

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Laboratório de Mensuração e Manejo Florestal, pelo auxílio, estrutura e equipamentos para realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ANDRADE, V. C. L.; GAMA, R. C.; TERRA D. L. C. V. Revisão sobre modelos volumétricos empregados em povoamentos florestais brasileiros. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.6, n.1, p.561-566, 2019.
- ARAÚJO, E.J.G.; NETTO, S. P.; MORAIS, V. A.; DAVID, H. C.; CURTO, R. A.; SCOLFORO, J. R. S. Métodos de amostragem de área variável para a regeneração natural de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. **FLORESTA**, v. 48, n. 2, p. 265-276, 2018.
- AZEVEDO, G. B.; OLIVEIRA SOUSA, G. T.; BARRETO, P. A. B.; JÚNIOR, V. C. Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 309, 2011.
- GUEDES, I. C. L.; MELLO, J. M.; MELLO, C. R.; OLIVEIRA A. D.; DA SILVA, S. T.; SCOLFORO, J. R. S. Técnicas geoestatísticas e interpoladores espaciais na estratificação de povoamentos de *Eucalyptus* sp. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 541–550, 2012.
- GUEDES, I. C. L.; MELLO, J. M.; SILVEIRA E. M. O.; MELLO C. R.; REIS A. A.; GOMIDE L. R. Continuidade espacial de características dendrométricas em povoamentos clonais de *Eucalyptus* sp. avaliada ao longo do tempo. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 527–534, 2015.
- LUNDGREN, W. J. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. Estimação de volume de madeira de eucalipto por cokrigagem, krigagem e regressão. **Cerne**, v. 21, n. 2, p. 243-250, 2015.
- LUNDGREN, W. J. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C. Estimating of the Volume of *Eucalyptus* with Kriging and Cokriging in Semi-arid of Pernambuco. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- MARTINS, R. M.; LEITE, M. V. S.; CABACINHA, C. D.; ASSIS, A. D. Teste de identidade de modelos volumétricos para povoamentos de *Eucalyptus* sp. em sete municípios de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, p. 1818-1833, 2015.

MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 113–126, 2005.

MELLO, J. M.; DINIZ, F. S.; OLIVEIRA A.D.; MELLO, C. R.; SCOLFORO, J. R.S.; ACERBI JUNIOR F. W. Continuidade espacial para características dendrométricas (número de fustes e volume) em plantios de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 1, p. 185–194, 2009.

PELISSARI, A. L.; FILHO, A. F., CALDEIRA, S. F.; MACHADO, S. A. Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos florestais de teca, em períodos pré-desbaste seletivo, no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 32, n. 3, p. 430-444, 2014.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário Florestal**. UFLA/FAEPE: Lavras, 2006. 561p

SCOLFORO, J. R. S.; THIERSCH C. R. **Biometria Florestal: Medição, Volumetria e Gravimetria**. UFLA/FAEPE, 2004. 285 p.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo Milton Barbosa. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

ZIMBACK, Célia Regina Lopes. **Geoestatística**. 1. ed. Botucatu: UNESP, 2003.

Capítulo 58

DINÂMICA DE CRESCIMENTO DE *Metrodorea flavida* K. Krause PARA O MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA

Rachel Clemente Carvalho¹, Adriano Ribeiro de Mendonça¹, Quinny Soares Rocha¹, Jeangelis Silva Santos¹, Quétila Souza Barros¹, Nívea Maria Mafra Rodrigues¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: quinnyrocha@gmail.com

Resumo: O manejo florestal sustentável é um processo de gerenciamento de povoamentos florestais que busca a produção contínua de madeira, assim, é fundamental o conhecimento da dinâmica de crescimento das espécies florestais. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de *Metrodorea flavida* K. Krause a fim de fornecer subsídios para o manejo da espécie. Os dados utilizados foram provenientes de inventário florestal contínuo em uma floresta no município de Rio Branco, Acre. As parcelas permanentes foram instaladas no ano de 1992, onde ocorreu a primeira medição, e remedidas nos anos de 1995, 1999, 2005, 2009, 2012. Foram ajustados modelos de incremento em diâmetro das árvores e, posteriormente, obtido o tempo de passagem por classe diamétrica. A avaliação das estimativas dos modelos foi baseada no coeficiente de correlação, raiz do erro quadrático médio e viés, bem como na análise gráfica dos valores observados versus valores estimados e dos resíduos percentuais. De acordo com os resultados obtidos, todos os modelos apresentaram coeficientes significativos ($p < 0,05$), além de denotarem valores de RMSE (%) aproximados, e com baixo ou nenhum viés, no entanto, o modelo 3 apresentou melhores estimativas por possuir o maior coeficiente de correlação (r), menor RMSE (%) e nenhum viés. Portanto, há uma tendência decrescente do tempo de passagem com o aumento das classes de diâmetro para a espécie.

Palavras chave: Manejo Florestal; Incremento Periódico Anual; Tempo de Passagem.

GROWTH DYNAMICS OF *Metrodorea flavida* K. Krause AS A SUBSIDY FOR MANAGEMENT IN NATIVE FOREST IN AMAZON

Abstract: Sustainable forest management is a process of management of forest stands that seeks the continuous production of wood, and for this to happen it is essential to know the growth dynamics of forest species. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth of *Metrodorea flavida* K. Krause in order to provide subsidies for the management of the species. The data used came from continuous forest inventory in a forest in the city of Rio Branco, Acre. Permanent plots were installed in 1992, where the first measurement took place, and new measurements were made in 1995, 1999, 2005, 2009, 2012. Increment models were adjusted for tree diameter and, afterwards, the passage time by diameter class was obtained. The estimation of the model estimates was based on the correlation coefficient, root of the mean square error and bias, as well as on the graphical analysis of observed versus estimated values and percentage residuals. According to the results obtained, all models presented significant coefficients ($p < 0.05$), besides denoting approximate values of RMSE (%) and with low or no bias, however, model 3 presented better estimates because it presented higher correlation coefficient (r), lower RMSE (%) and no bias. Therefore, there is a decreasing trend of passage time with increasing diameter classes for the specie.

Keywords: Forest management; Annual periodical increment; Passage time.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Figueiredo, Braz e Oliveira (2007), o manejo florestal é uma atividade econômica indispensável que assegura a manutenção da floresta natural. O Manejo Florestal Sustentável (MFS) é um processo de gerenciamento permanente de povoamentos florestais que busca a produção contínua de produtos e serviços de forma a garantir a perpetuidade da base de recursos. Esse processo permite a conservação do meio ambiente e o uso da madeira de forma racional e planejada, gerando benefícios econômicos e sociais (PINHO et al., 2009).

Quando se deseja manejar uma floresta de forma sustentável, é fundamental o conhecimento acerca do incremento em diâmetro e do crescimento das espécies (SILVA et al., 2002). Uma das formas utilizadas para descrever a dinâmica de crescimento em diâmetro de espécies florestais é a determinação do tempo de duração das fases de crescimento das árvores, obtido a partir do cálculo do Tempo de Passagem (TP). Esse método permite projetar as distribuições diamétricas futuras a partir do incremento periódico anual em diâmetro e o número de árvores por classe diamétrica, ou seja, é o tempo médio necessário para que todas as árvores de uma classe de diâmetro passem para a classe seguinte (ARAÚJO et al., 1993; SCOLFORO et al., 1996).

Em florestas nativas a idade das árvores é desconhecida e dificilmente estimável, pois poucas são as informações acerca do crescimento dos indivíduos. Entretanto, por meio de estimativas de crescimento periódico em diâmetro e do número de árvores por classe diamétrica, é possível atribuir uma idade relativa a esses povoamentos (ARAÚJO et al., 1993). Deste modo, pesquisas que descrevam a estrutura populacional de espécies arbóreas em florestas nativas são importantes para que se possa elaborar planos de manejo sustentável (MENDONÇA, 2003).

A *Metrodorea flavida* K. Krause, popularmente conhecida como pirarara, pertencente à família Rutaceae, é nativa e ocorre em toda a região amazônica (SASAKI et al., 2010). Possui relevante interesse econômico e sua madeira pode ser empregada para construção civil, carpintaria, marcenaria, entre outras finalidades (SPLETOZER et al., 2015). Por ser uma espécie de uso local, poucos são os trabalhos científicos realizados com ela. Deste modo, busca-se realizar uma pesquisa acerca do manejo florestal da espécie, mais especificamente sobre o tempo de passagem, com a finalidade de se obter embasamento técnico para otimizar o seu uso e manutenção.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de *Metrodorea flavida* para fornecer subsídios para o manejo adequado dessa espécie, utilizando modelos para estimar o incremento em diâmetro das árvores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está situada no campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária do Acre – EMBRAPA Acre, localizada no município de Rio Branco, Acre, entre as coordenadas geográficas 10°01'22" e 10°04'14" de latitude sul e 67°40'3" e 67°42'43" de longitude oeste (RODRIGUES et al., 2001). O clima da região é do tipo equatorial quente e úmido, caracterizado por temperaturas elevadas, altos índices de precipitação pluviométrica e alta umidade relativa do ar. A temperatura média anual permanece em torno de 24,5°C, enquanto a máxima é cerca de 32°C, aproximadamente uniforme para todo o estado (ACRE, 2010).

Os dados utilizados nesse estudo são provenientes de inventário florestal contínuo em quatro parcelas permanentes de 1,0 hectare, que foram instaladas no ano de 1992, onde ocorreu a primeira medição, e remedidas nos anos de 1995, 1999, 2005, 2009 e 2012. Das espécies inventariadas, foi selecionada a *Metrodorea flavida*, devido ao significativo número de indivíduos inventariados e a importância da espécie. Foram considerados todos os indivíduos com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) maior ou igual a 10 centímetros, que foram mensurados na primeira

(1992) e na última (2012) medição, ou seja, excluindo-se indivíduos que morreram nesse intervalo de tempo, assim como os que foram retirados por exploração.

Para o cálculo do TP foi adotada a metodologia descrita por Caballero e Malleux (1976) e aplicada por Araújo et al. (1993). No primeiro momento, foi calculado o Incremento Periódico Anual (IPA) médio em diâmetro de cada indivíduo. Posteriormente, os dados foram agrupados por classe diamétrica, com amplitude de 5 centímetros, e obteve-se os IPA médios por classe diamétrica, assumindo que todas as árvores da mesma classe tiveram o mesmo incremento médio calculados.

$$IPA_{ij} = \frac{DAP_{2ij} - DAP_{1ij}}{p} \quad (1)$$

$$IPA_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n IPA_{ijk}}{n_{jk}} \quad (2)$$

Em que:

IPA_{ij} = incremento periódico médio anual em diâmetro do i -ésimo indivíduo da espécie j (cm.ano-1); IPA_{jk} = incremento periódico médio anual em diâmetro da classe diamétrica k da espécie j (cm.ano-1); IPA_{ijk} = incremento periódico médio anual em diâmetro do i -ésimo indivíduo da espécie j na classe de diâmetro k (cm.ano-1); DAP_{1ij} = DAP do i -ésimo indivíduo da espécie j no início do período (cm); DAP_{2ij} = DAP do i -ésimo indivíduo da espécie j no final do período (cm); p = duração do período (anos); n_{jk} = número de indivíduos da espécie j na classe de diâmetro k . Para $n = 1, 2, \dots$, n -ésimo indivíduo da espécie; $k = 1, 2, \dots$, k -ésima classe diamétrica.

Por meio de regressão, foi estimado o IPA médio em diâmetro, por classe diamétrica, em função do centro da classe. Os modelos usados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Modelos avaliados para predição do incremento periódico anual de *Metrodorea flavida*

Nome	Modelo
Modelo 1	$IPA_{jk} = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{jk} + \varepsilon_{jk}$
Modelo 2	$IPA_{jk} = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{jk} + \beta_2 \cdot D_{jk}^2 + \varepsilon_{jk}$
Modelo 3	$IPA_{jk} = \beta_0 + \beta_1 \cdot D_{jk}^{1/2} + \beta_2 \cdot D_{jk} + \varepsilon_{jk}$
Modelo 4	$IPA_{jk} = \beta_0 \cdot D_{jk}^{\beta_1} + \varepsilon_{jk}$
Modelo 5	$IPA_{jk} = \frac{1}{\beta_0 + \beta_1 \cdot D_{jk}} + \varepsilon_{jk}$
Modelo 6	$IPA_{jk} = \beta_0 + \beta_1 \log(D_{jk}) + \varepsilon_{jk}$

Nota: D_{jk} = centro da classe de diâmetro k da espécie j ; β_i = parâmetros do modelo ($i = 0, 1, 2$); $\log$ = logaritmo; ε_{jk} = erro aleatório.

A escolha do melhor modelo de projeção do diâmetro e IPA médio em diâmetro baseou-se no coeficiente de correlação entre os valores observados e estimados, raiz do erro quadrático médio (RMSE%) e para os modelos não-lineares, foi considerado o viés (V%).

A partir da seleção do melhor modelo, foi estimado o IPA diamétrico para o menor DAP considerado no estudo. Com o menor DAP e seu respectivo IPA estimado pelo modelo, foi calculada a idade relativa para este diâmetro.

$$Idade_j = \frac{DAP_j}{IPA_j} \quad (3)$$

Em que: $Idade_j$ = Idade relativa da espécie j no menor DAP (anos); DAP_j = Valor do menor DAP da espécie j (cm) e; IPA_j = IPA da espécie j no menor DAP considerado (cm.ano-1).

Na sequência, foi substituída na equação estimada, como variável independente, a soma do menor DAP e o IPA correspondente (X). O novo IPA obtido (Y) foi somado ao diâmetro anterior ($5+X$). Após isso, substituiu-se esta soma ($5+X+Y$) novamente na equação e obtido novamente o novo IPA (Z). Esse procedimento foi repetido de modo a gerar sucessivos valores de diâmetro e IPA. Dessa maneira, construiu-se uma tabela relacionando os diâmetros estimados, IPA e as idades relativas (obtidas ao somar um ano, para cada diâmetro estimado, na idade relativa estimada do ano anterior, a partir da primeira idade estimada), até ultrapassar a amplitude de cada classe diamétrica a ser considerada. Na Tabela 2 é apresentado um exemplo considerando a primeira classe de diâmetro. A partir do momento que o diâmetro estimado ultrapassar o valor de 10 cm, este deverá ser enquadrado na próxima classe de DAP, e então, se dará sequência ao procedimento. As idades relativas foram obtidas ao somar um ano para cada ocasião decorrente, a começar da primeira idade relativa estimada. O tempo de passagem foi calculado a partir da diferença da idade relativa correspondentes aos limites inferiores de duas classes de diâmetro sucessivas

Tabela 2. Representação do procedimento para obtenção do tempo de passagem

Classe de DAP (cm)	DAP (cm)	IPA (cm.ano ⁻¹)	Idade relativa (anos)
5 - 100	5	X	n
	5+X	Y	n+1
	5+X+Y	Z	n+2

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes estimados e as estatísticas do ajuste dos modelos que visam estimar o IPA médio em função do centro de classe de diâmetro podem ser observados na Tabela 3.

Todos os modelos apresentaram coeficientes significativos ($p < 0,05$). O modelo 3 apresentou melhores estimativas por possuir o r maior, menor RMSE (%) e nenhum viés. De maneira geral, todos os modelos apresentaram valores de RMSE (%) aproximados, e com baixo ou nenhum viés.

Ao analisar o gráfico de relação entre os incrementos observados e estimados e os gráficos de resíduos, nota-se que os modelos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentaram comportamento semelhante entre si, não apresentando tendência evidente de subestimação ou superestimação dos valores de IPA médio com o aumento das classes de DAP. O modelo 6 subestimou os valores de IPA médio em todas as classes de diâmetro. Todos os modelos apresentaram distribuição dos resíduos entre as classes de $\pm 30\%$ de erro. Tais resultados atestam as estatísticas da Tabela 2. Desse modo, o modelo 3, com maior acurácia nas estimativas, foi selecionado para estimar o IPA em diâmetro das árvores.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros e estatísticas do ajuste dos modelos para a predição do IPA

Modelo	Coeficientes			r	RMSE (%)	V (%)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$			
1	0,166742*	0,004138*		0,5799	16,99	-
2	0,1164*	0,0115*	-0,000205*	0,6025	16,64	-
3	-0,183264*	0,184589*	-0,019037*	0,6512	15,83	-
4	0,108817*	0,281672*		0,6161	16,43	-0,04
5	5,483074*	-0,071052*		0,5688	17,15	-0,02
6	0,05013*	0,06830*		0,6316	16,17	-

Nota: Em que: * = significativo a 5% de significância; r = coeficiente de correlação; RMSE = raiz do erro quadrático médio; V = viés.

Na Figura 3 é possível observar a estimativa do TP para as classes de diâmetro de *Metrodorea flavida*. Ao observar o resultado, é possível notar que a espécie apresentou um crescimento em diâmetro inicial mais lento, aumentando de acordo com o aumento das classes de DAP, havendo um decréscimo em seu TP ao longo das classes, voltando a aumentar a partir da classe de 32,5 cm. Araújo et al. (1993) em uma Floresta Atlântica, município de Linhares, ES encontraram um TP maior nas primeiras classes, reduzindo nas seguintes e, a partir da classe de 45 cm, observaram novamente um aumento do TP. Santos et al. (2016), para indivíduos de *Eremanthus incanus* de uma área de recuperação no município de Diamantina, Minas Gerais, observaram um TP maior para as menores classes de diâmetro.

Figura 1. Gráfico dos valores observados em função dos valores estimados das estimativas dos modelos de IPA médio para árvores de *Metrodorea flavida*

Figura 2. Gráfico dos resíduos percentuais em função dos valores estimados das estimativas dos modelos de IPA médio para árvores de *Metrodorea flavida*

Em florestas nativas, o incremento em diâmetro é menor nas menores classes diamétricas, uma vez que o número de indivíduos é maior, assim como a competição por recursos é mais acentuada. As árvores que compõem o dossel, e que ainda não atingiram a senescência, são as que apresentam maior taxa de crescimento, isso justifica o aumento do TP na classe de 37,5 cm, indicando um maior nível de maturação com o aumento das classes (SCOLFORO, 2006; OLIVEIRA, 2014).

Figura 3. Tempo de passagem entre classes de diâmetro para a espécie *Metrodorea flavida*

Vale ressaltar que, devido a amplitude das classes ser de 5 cm, o TP foi menor, comparado a outros trabalhos realizados com outras espécies onde a amplitude era de 10 cm entre as classes diamétricas. A título de comparação, ao somar o TP das classes de diâmetro 12,5 e 17,5 cm tem-se uma amplitude de 10 cm entre classes, obtendo-se um TP de 42 anos, semelhante a outros trabalhos, como o encontrado por Pires (2017), onde obteve-se na classe de 10 a 20 cm o TP de 35 anos para *Carapa guianensis* e 50 anos para *Tetragastris altissima*.

4. CONCLUSÃO

O modelo 3 apresentou maior acurácia nas estimativas de incremento periódico anual em diâmetro para a espécie *Metrodorea flavida* K. Krause. Observou-se uma tendência crescente do tempo de passagem com o aumento das classes de diâmetro.

REFERÊNCIAS

- ACRE. Governo do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre – Fase II (Escala 1:250.000)**: Documento Síntese. 2. ed., Rio Branco: SEMA, 2010. 356 p. Disponível em: <http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/publicacoes_estados/Acre/Fase%202/Documento_Sintese.pdf> Acesso em: 23 junho 2018.
- ARAÚJO, P. A.; SOUZA, A. L. de; CAMPOS, J. C. C.; PAULA NETO F. de. Idade relativa como subsídio à determinação de ciclo de corte no manejo sustentável de povoamentos florestais nativos. **Árvore**, Viçosa, MG, v. 17, n. 1, p. 100-106, 1993.
- CABALLERO, J. D.; MALLEUX, O. J. Estudio de una metodología para la determinación de edades en bosques naturales. **Revista Florestal del Perú**, Lima, v. 5, n. 1-2, p. 33-40, 1976.
- FIGUEIREDO, E. O.; BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Manejo de precisão em florestas tropicais**: modelo digital de exploração florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183 p.
- MENDONÇA, A. C. A. **Caracterização e simulação dos processos dinâmicos de uma área de floresta tropical de terra firme utilizando matrizes de transição**. 2003. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.
- OLIVEIRA, M. F. de. **Critérios para o manejo sustentável de duas espécies madeireiras das florestas tropicais do Mato Grosso**. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- PINHO, G. S. C de; FIEDLER, N. C.; GUIMARÃES, P. P.; SILVA, G. F.; SANTOS, J. dos. Análise de custos e rendimentos de diferentes métodos de corte de cipós para produção de madeira na floresta nacional de Tapajós. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 555-560, 2009.
- PIRES, S. A. de O. **Crescimento de *Carapa guianensis* e *Tetragastris altissima* como subsídio para o manejo em florestas nativas na Amazônia**. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.
- R Core Team (2015). **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, J. M. L. da; CORDEIRO, D. G.; GOMES, T. C.; CARDOSO JUNIOR, E. Q. **Caracterização e classificação dos solos do campo experimental da Embrapa Acre, Rio Branco, Estado do Acre**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 45 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 122).

SANTOS, L.; OLIVEIRA, M.; NOGUEIRA, G.; PEREIRA, I.; SILVA, M. Idade relativa e tempo de passagem para *Eremanthus incanus* (Less.) Less em uma área em recuperação no município de Diamantina, MG. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2016.

SASAKI, D.; ZAPPI, D.; MILLIKEN, W.; HENICKA, G. da S.; PIVA, J. H. **Vegetação e plantas do Cristalino**. Alta Floresta: Royal Botanic Gardens, 2010. 128 p.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 393p

SCOLFORO, J. R. S.; PULZ, F. A.; MELLO, J. M. de; OLIVEIRA FILHO, A. T. de. Modelo de produção para floresta nativa como base para manejo sustentado. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, 1996.

SILVA, R. P.; SANTOS, J. dos; TRIBUZY, E. S.; CHAMBERS, J. Q.; NAKAMURA, S.; HIGUCHI, N. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 166, n. 1-3, p. 295-301, 2002.

SPLETOZER, A. G.; LOPES, C. R. A. S.; PEREIRA, M. P.; RODRIGUES, L.; SANTOS, C. R. Estrutura populacional e análise fitoquímica de *Metrodorea flavida* K. Krause (Rutaceae) em dois fragmentos florestais do município de Alta Floresta, Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia. V.11, n.22, p. 1205, 2015.

Capítulo 59

FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA MANEJADA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Quétilla Souza Barros¹, Marcus Vinicio Neves d' Oliveira², Luís Claudio de Oliveira², Anelena Lima de Carvalho³, Nívea Maria Mafra Rodrigues¹, Quinny Soares Rocha¹

¹ Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Acre, Brasil

³ Secretaria de Meio Ambiente do Acre (Sema), Brasil

Autor correspondente: quinnyrocha@gmail.com

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi comparar a fertilidade do solo nos diferentes locais alterados pela exploração florestal em uma área manejada na Floresta Estadual do Antimary- Acre. A área de estudo é a Floresta Estadual do Antimary (FEA), onde foram realizados levantamentos em cinco ambientes: floresta (área não explorada), trilhas de arraste, pátios de estocagem de toras e estradas secundárias (borda e leito), com delimitação de 10 unidades amostrais em cada ambiente. As amostras de solo foram retiradas com trado em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm) e acondicionadas em sacos plásticos para posterior análise química dos componentes Ca, Mg, P, K, C.O, M.O e pH-H₂O. As médias de saturação de bases (v%), pH-H₂O, K, Ca, Mg, P, M.O e C.O foram comparadas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade utilizando-se o programa SAS 9.2. De acordo com os resultados obtidos, os solos apresentaram maior saturação de bases (v%) nas trilhas e estradas nas profundidades de 0-20 cm e as proporções de potássio (K) foram mais acentuadas na floresta sem intervenção, obtendo valores iguais nas duas profundidades. Observou-se diferença entre os ambientes de floresta não perturbada e os ambientes estrada e trilha de arraste para os nutrientes C.O e M.O, e maior adição de P (nutriente que auxilia o estabelecimento das plântulas), material orgânico e consequentemente acúmulo de C.O nas profundidades iniciais (0-20 cm). Portanto, os atributos de fertilidade do solo apresentaram de baixa a alta variabilidade para a área de estudo, com médias de pH H₂O, K, P, M.O e C.O menores na floresta, caracterizando o solo da FEA com baixa fertilidade natural.

Palavras chave: Unidade de Conservação; Componentes químicos; Balanço de nutrientes.

SOIL FERTILITY IN MANAGED AREA IN WESTERN AMAZON

Abstract: The objective of the present study was to compare soil fertility in different locations altered by logging in a managed area in the Antimary-Acre State Forest. The study area is the Antimary State Forest (ASF), where surveys were conducted in five environments: forest (unexplored area), trail trails, log storage yards and secondary roads (edge and bed), with delimitation 10 sample units in each environment. Soil samples were taken with auger at two depths (0-20 and 20-40 cm) and placed in plastic bags for further chemical analysis of Ca, Mg, P, K, O.C, O.M and pH-H₂O components. The mean base saturation (v %), pH-H₂O, K, Ca, Mg, P, O.M and O.C were compared by Tukey test with 95% probability using SAS 9.2 software. According to the results obtained, the soils presented higher base saturation (v %) in the trails and roads at depths of 0 to 20 cm and the potassium proportions (K) were more pronounced in the forest without intervention, obtaining equal values in both depths. Differences were observed between the undisturbed forest environments and the road and trail environments for the nutrients O.C and O.M, and higher P (nutrient that aids seedling establishment) addition, organic material and consequently O.C accumulation at the initial depths (0 -20 cm). Therefore, soil fertility attributes showed low to high variability for the study area, with lower pH averages of H₂O, K, P, O.M and O.C in the forest, characterizing ASF soil with low natural fertility.

Keywords: Conservation unit; Chemical components; Nutrient balance.

1. INTRODUÇÃO

Localizada ao norte do Brasil, a Bacia Amazônica é a maior bacia nacional com uma área estimada de 4,5 bilhões de km² (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004). Os solos amazônicos possuem características que na maioria das vezes estão relacionadas com o seu material de origem. Os solos ricos e eutróficos ocorrem apenas onde há influência dos cursos d'água intermitentes ou não, com deposição de sedimentos andinos ou podendo ocorrer onde afloramentos rochosos de riqueza química maior são presentes. Relacionando as condições bioclimáticas atuais, as características do material de origem e o relevo da área, geralmente os solos são profundos e intemperizados (LIMA 2001).

Segundo Lima (2001), os tipos de solos mais comumente encontrados na Amazônia Ocidental são os Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Amarelos de ocorrência em locais aplainados de baixos platôs; Argissolos nas áreas de terços médio e inferior das colinas ou residuais aplainados; Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos; Gleissolos e Neossolos Flúvicos em área de várzea de rios de águas brancas; Plintossolos são característicos terras baixas do Alto Amazonas.

De todo o território amazônico, 75% são de solos de baixa fertilidade (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004). Madari et al. (2009) afirmam que os solos amazônicos com propriedades desejáveis para a agricultura são ácidos e com baixa CTC, o que os torna de baixa fertilidade e consequentemente baixo potencial produtivo. Tal fato é um fator limitante para o desenvolvimento sustentável dos plantios comerciais, afetando também a economia da atividade.

Os procedimentos para o manejo da agricultura se iniciam com o desmatamento e logo após a utilização de queimadas. Tal procedimento afeta significativamente a presença de C e N do solo. Com isso, a ciclagem de nutrientes e minerais presente na serapilheira é extremamente importante para a fertilidade do solo dessa região (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004).

Um dos poucos tipos de solo fértil da região amazônica, é denominado “Terra Preta do Índio”. Esse tipo de solo é de origem antropogênica, e em geral, ocorrem próximos aos rios e com área de ocorrência reduzida (de dois a cinco hectares), possuem altos níveis de nutrientes, com destaque para o Ca e P, elevados teores de matéria orgânica e atividade biológica (MOREIRA, 2007).

As áreas de terra firme são caracterizadas pelas porções de terra localizadas acima das áreas de alcance dos rios, não sofrendo hidromorfismo. Esses solos são bem drenados e formados a partir de sedimentos terciários originados de material pré-intemperizado dos escudos cristalinos das Guianas e do Brasil Central. A associação do material de origem, o tempo de exposição, as boas condições de drenagem, e a atuação dos agentes bioclimáticos originam solos profundos e com alto grau de intemperismo. São solos, pobres em nutrientes, ácidos, baixos valores de soma de bases, com teores relativamente elevados de alumínio trocável e de capacidade de troca de cátions (LIMA 2001).

Mesmo sendo de suma importância, os estudos sobre a fertilidade do solo e o impacto que a sua utilização causa são escassos, principalmente considerando o impacto na matéria orgânica e na microbiota dos solos da Floresta Amazônica do território brasileiro (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi comparar a fertilidade do solo nos diferentes locais alterados pela exploração florestal em uma área manejada na Floresta Estadual do Antimary-Acre.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A Floresta Estadual do Antimary-FEA (Figura 1), foi constituída legalmente através do Decreto de criação nº 046 de 07 de fevereiro de 1997 com área total de 57.629,00 (cinquenta e sete mil, seiscentos e vinte e nove) hectares. Está localizada nos municípios de Bujari e Sena Madureira na Região Centro-Leste do Estado do Acre, Sudoeste amazônico brasileiro ($68^{\circ}01'$ e $68^{\circ}23'$ W; $9^{\circ}13'$ a $9^{\circ}31'$ S) (SECRETARIA DE ESTADO DE FLORESTA, 2015). A área de estudo possui 1000 hectares, referente a um talhão de exploração que faz parte da UPA 03 explorada em 2013.

A temperatura média anual é de 25°C , com a estação seca indo de março a setembro e apresentando uma precipitação média anual de 2.041 mm. A FEA apresenta quatro tipos básicos de vegetação: floresta aluvial, floresta aberta com bambu, floresta aberta com palmeiras e floresta densa. A elevação da área varia de 164 a 243 m. Os solos predominantes são os latossolos amarelos distróficos com alto teor de argila (FUNTAC, 1989).

Foram realizados levantamentos em cinco ambientes: floresta (área não explorada), trilhas de arraste, pátios de estocagem de toras e estradas secundárias (borda e leito). As trilhas de arraste são percursos utilizados pelos tratores para o arraste das toras do local de extração até os pontos de carregamento nas estradas secundárias. Tem como características uma largura média de 3,5 a 4,0 m e inclinação máxima em torno de 25% (BRAZ et al., 1997). As estradas secundárias fazem a ligação entre os pátios de estocagem e às estradas principais (SABOGAL et al., 2000), têm como características serem utilizadas por um período curto de tempo, no máximo dois meses, largura média de 6-8 m, inclinação máxima de 10 a 12 % e raio de no mínimo 20 m (BRAZ et al., 1997). Os pátios de estocagem são áreas abertas utilizadas para armazenar toras que foram retiradas da floresta. É indicado que estejam localizados próximos as estradas secundárias ou primárias, por questões de logística e devem ter as menores dimensões possíveis (SABOGAL et al., 2000).

Figura 1. Localização do estado do Acre no Brasil; Floresta Estadual do Antimary (polígono verde-escuro) e unidade de produção anual (UPA) 03 (verde-claro)

2.2 Coleta dos dados

Foram delimitadas 10 unidades amostrais de cada ambiente (floresta, trilha de arraste, pátio de estocagem e estrada secundária), as amostras de solo foram retiradas com trado em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm) e acondicionadas em sacos plásticos. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Acre, onde o Ca e Mg foram extraídos com solução de KCl 1 M e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). Enquanto o P e K, foram extraídos com solução de Mehlich 1 (H₂SO 40.0125 M + HCl 0.05 M). A determinação de K foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica (EEA); o P foi determinado por espectrometria utilizando molibdato de amônio e ácido ascórbico; C.O e M.O foram obtidos pela oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido do ácido sulfúrico e/ou aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação foi titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). Para obtenção do pH-H₂O foi realizada a medição do potencial eletronicamente por meio de eletrodo imerso em suspensão solo: líquido (água), 1:2,5, conforme a metodologia da EMBRAPA (1997).

2.3 Análises Estatísticas

As médias de saturação de bases (v%), pH-H₂O, K, Ca, Mg, P, M.O e C.O foram comparadas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Todas às análises foram realizadas utilizando-se o programa SAS 9.2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Comportamento químico do solo em função do ambiente

Os solos apresentaram maior saturação de bases (v%) nas trilhas e estradas nas profundidades de 0-20 cm. As proporções de potássio (K) foram mais acentuadas na floresta sem intervenção, obtendo valores iguais nas duas profundidades. Em contrapartida, foi constatado menores quantidades deste macronutriente nas trilhas e estradas nas profundidades de 20-40 cm. Para as análises de diferença estatística entre as médias dos componentes químicos pelo teste de Tukey, para o fósforo (P), matéria orgânica (M.O) e carbono orgânico (C.O), a floresta não perturbada se diferenciou dos ambientes de estrada e trilha (estrada e floresta $p < 0,0004$; trilha e floresta $p < 0,0001$) para o fósforo; (estrada e floresta $p < 0,0001$; trilha e floresta $p < 0,0001$; pátio e floresta $p = 0,0026$) para a matéria orgânica; (estrada e floresta $p < 0,0001$; trilha e floresta $p < 0,0001$; pátio e floresta $p = 0,0026$) para o carbono orgânico por apresentar percentuais mais baixos desses nutrientes (Tabela 1).

Em relação ao C.O, M.O e P os ambientes de trilha e pátio também se diferenciaram estatisticamente, para C.O e M.O ($p = 0,0002$) e para o fósforo ($p = 0,0099$). Nos pátios todos os compostos químicos estudados aumentaram nas profundidades de 20-40 cm, todavia, para a floresta sem intervenção somente o Mg apresentou esse padrão. As trilhas e estradas apresentaram maior adição de P (nutriente que auxilia o estabelecimento das plântulas), material orgânico e consequentemente acúmulo de C.O nas profundidades iniciais (0-20 cm). Para o Mg e Ca na floresta sem intervenção as proporções foram mais elevadas e mais baixos nos pátios nas profundidades de 0-20 cm. Para M.O, as trilhas e estradas apresentaram maior concentração e menor na floresta. Em relação ao C.O, houve maior acúmulo nas trilhas e pátios nas profundidades iniciais (0-20cm). Os valores levantados de pH- H₂O foram similares (Tabela 1).

Os solos da FEA foram caracterizados como distróficos (saturação de base $v\% < 50$) (EMBRAPA, 1998). Os teores de fósforo nos ambientes foram baixos ($< 6 \text{ mg.dm}^{-3}$), conforme parâmetro estabelecido por Wadt e Cravo (2005). A deficiência de P é uma das mais limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (TAIZ e ZEIGER, 2010). De acordo com os parâmetros desenvolvidos por Amaral e Souza (1997), para solos do Estado do Acre, os valores levantados para o potássio foram médios ($< 0,10 > 0,30 \text{ cmol.dm}^{-3}$), o que denota a necessidade de adubação para favorecer o desenvolvimento das plantas para níveis adequados de P e K ($> 0,30 \text{ mg.dm}^{-3}$). Os teores de carbono orgânico estavam concentrados na faixa considerada alta ($> 14 \text{ g.kg}^{-1}$), sendo que na floresta a concentração estava em menores proporções do que nos outros ambientes, em função da maior ciclagem exercida por esse ambiente. Esses resultados foram similares a Araújo et al., (2004), que levantaram menores proporções do nutriente, também no ambiente de floresta, em estudo realizado em outra região do Acre.

Tabela 1. Resultado do Teste de Tukey para as amostras coletadas da estrada secundária, floresta, pátio de estocagem e trilha de arraste da UPA 03 da Floresta Estadual do Antimary

Variável				
Saturação por base (%)				
Profundidade	Estrada	Floresta	Pátio	Trilha
0-20	43.1Aa	41.0Aa	30.4Aa	47.6Aa
20-40	35.2Aa	34.4Aa	32.3Aa	38.0Aa
K (cmolc.dm ⁻³)				
0-20	0.18Aa	0.24Aa	0.17Aa	0.18Aa
20-40	0.15Aa	0.24Aa	0.19Aa	0.15Aa
P (mg.dm ⁻³)				
0-20	2.4Aab	1.1Ac	1.4Abc	3.0Aa
20-40	2.0Aab	1.0Ac	1.7Abc	2.03Aa
Ca (cmolc.dm ⁻³)				
0-20	2.7Aa	4.2Aa	2.1Aa	3.5Aa
20-40	2.3Aa	3.7Aa	2.6Aa	3.0Aa
pH (H ₂ O)				
0-20	4.7Aa	4.7Aa	4.6Aa	4.8Aa
20-40	4.7Aa	4.7Aa	4.7Aa	4.7Aa
M.O (g.kg ⁻¹)				
0-20	29.4Aab	13.3Ac	17.7Aab	36.6Aa
20-40	20.6Bab	11.8Bc	18.0Bab	26.8Ba
Mg (cmolc.dm ⁻³)				
0-20	1.7Aa	2.2Aa	1.4Aa	1.8Aa
20-40	1.6Aa	2.3Aa	1.5Aa	1.8Aa
C.O (g.kg ⁻¹)				
0-20	17.1Aab	7.7Ac	10.3Ab	21.3Aa
20-40	12.0Bab	6.9Bc	10.7Bb	15.7Ba

Nota: *A, B; Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); a, b: Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($P < 0,05$); Letras iguais não diferem entre si significativamente.

Para o cálcio e o magnésio foram verificados teores médios, Ca (> 2) e Mg ($> 0,5 < 1,5 \text{ cmolc.dm}^{-3}$). A matéria orgânica foi classificada de média a alta ($11,36 > 24 \text{ g.kg}^{-1}$). Solos distróficos apresentam textura de arenosa a argilo-arenosa, normalmente com deficiência de Ca e Mg, conforme observação de Grogan et al. (2003) no Estado do Pará-Brasil. As concentrações de P, K, Mg e M.O na FEA foram inferiores às levantadas por Medina et al. (2014), em área sob regime de exploração com pH em água inferior, denotando que os solos da FEA são mais ácidos e menos ricos em nutrientes. Em comparação as características levantadas para solos na Amazônia Oriental-Brasil, por Grogan et al. (2003), os valores de pH em água foram similares, K, Ca, Mg e P em proporções bem inferiores aos da FEA.

4. CONCLUSÃO

Os atributos de fertilidade do solo apresentaram de baixa a alta variabilidade para a área de estudo. As médias de pH H₂O, K, P, M.O e C.O foram menores na floresta. Para os pátios, os teores aumentaram de acordo com a profundidade. As trilhas e estradas apresentaram maior adição de fósforo, material orgânico e consequentemente acúmulo de C.O nas profundidades iniciais (0-20 cm). Mesmo o ambiente de trilha tendo maior teores de P, M.O e C.O, o solo da FEA apresentou baixa fertilidade natural.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E.F.; SOUZA, A.N. Avaliação da fertilidade do solo no sudeste acreano: o caso do PED/MMA no município de Senador Guimard. Rio Branco, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1997. 32p.
- ARAÚJO, E.A.; LANI, J. L.; AMARAL, E.F.; GUERRA, A. **Uso da terra e propriedades físicas e químicas de argissolo amarelo distrófico na Amazônia Ocidental**. 2004. R. Bras. Ci. Solo, 28, 307-315, 2004.
- BRAZ, E. M. Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical. **Embrapa Acre-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1997.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises de Solo. Centro Nacional de Pesquisas de Solos** – CNPS. Rio de Janeiro, 1997.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. e ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1988, 54 p. (EMBRAPA-SNLCS.Documentos,3).
- GROGAN, J., GALVÃO, J., SIMÕES, L., VERÍSSIMO, A. Regeneration of Big-Leaf Mahogany in closed and logged forests of Southeastern Pará, Brazil. In: A. Lugo; Colón, J; Alayón, M. (Eds.), **Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology and Management**. Ecological Studies 159. 1 Ed. p. 193-208, 2003.
- LIMA, H. N. **Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2001.
- MADARI, B. E. et al. **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste, conhecimento na criação de novas áreas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Amazônia Ocidental. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 421 p. Manaus, AM. 2009.
- MEDINA, E.; LUGO, A. E.; TEREZOS, E.; OSORNIOS, J.J.; MACARIO-MENDOZA, P.A.; MONTAÑEZ, P. Conservative nutrient use by big-leaf mahogany (*Swietenia Macrophylla* king) planted under contrasting environmental Conditions. **Árvore**. 38,479-488. 2014
- MOREIRA, A. Fertilidade, matéria orgânica e substâncias húmicas em solos antropogênicos da Amazônia Ocidental. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.307-315, 2007.
- MOREIRA, A; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110, nov. 2004.

SABOGAL, C. et al. Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de Terra Firme na Amazônia Brasileira. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DE FLORESTA. **Plano Operacional Anual 2011** – Reformulado UPA 03. Bujari/Sena Madureira, Acre, jan. 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland, Tyne and Wear: Sinauer, 2010. 782 p.

WADT, P. G. S; CRAVO, M.S. **Interpretação de Resultados de Análises de Solos**. In: Paulo Guilherme Salvador Wadt. (Org.). Manejo do Solo e Recomendação de Adubação para o Estado do Acre. ed. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005, v. 1, p. 245-252.

Capítulo 60

NÚMERO DE VIZINHOS NA ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DA ALTURA DOMINANTE EM POVOAMENTO DE EUCALIPTO

*Danilo Henrique dos Santos Ataíde¹, Pedro Vaz da Rocha¹, Laís Cândido Silva¹,
Júlia Martins Dias de Oliveira¹, Amanda Arantes Junqueira¹, Emanuel José Gomes de Araújo¹*

¹ Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

Autor correspondente: daniloataide.florestal@gmail.com

Resumo: A altura dominante de eucalipto encontra-se estruturada em padrões espaciais, possibilitando estimativas consistentes pela geoestatística. Compreender o processo de interpolação pela krigagem ordinária, com ênfase no número de vizinhos utilizados na interpolação do ponto não amostrado é necessário para garantir a qualidade do mapeamento da variável de interesse. O objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão e exatidão da altura dominante estimada nas variações dos vizinhos utilizados pela krigagem ordinária em povoamento de eucalipto. Em um povoamento do gênero entre 6,5 e 7,5 anos de idade, a altura média das árvores dominantes foi coletada em 55 unidades amostrais, alocadas pelo processo de amostragem sistemática. A coordenada geográfica central foi registrada para as análises espaciais que se seguiram. Aplicou-se a krigagem ordinária nas variações de 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 e 25 vizinhos mínimos utilizados no processo de interpolação. O mapa de maior exatidão e precisão foi avaliado pela raiz quadrada do erro médio (RQEM), coeficiente de determinação (R^2) e pela regressão linear simples dos valores estimados em função dos observados. A altura dominante apresentou-se com forte estrutura de dependência espacial, em que o modelo esférico foi selecionado para prover os pesos associados às unidades amostrais vizinhas utilizadas no processo de interpolação. O número de vizinhos utilizados na krigagem ordinária possui influência na exatidão e precisão das estimativas espaciais da altura média das árvores dominantes de eucalipto. Considerar uma vizinhança muito pequena pode comprometer o desempenho da geoestatística na predição de estimativas espaciais de eucalipto, mesmo em cenários de forte dependência espacial da variável. O número de vizinhos igual a 15 propicia estimativas espaciais de maior acurácia, garantindo o mapeamento consistente da variável.

Palavras chave: Semivariância; Dependência espacial; Krigagem ordinária.

NEIGHBORHOOD IN GEOSTATISTIC ANALYSES OF DOMINANT HEIGHT IN EUCALYPTUS STAND

Abstract: The dominant height of eucalyptus is structured in spatial patterns, allowing consistent estimates by geostatistics. Understanding the ordinary kriging interpolation process, with an emphasis on the number of neighbors used in the unsampled point interpolation is necessary to ensure the quality of the mapping of the variable of interest. The objective of this work was to evaluate the precision and accuracy of the estimated dominant height in neighboring variations used by ordinary kriging in eucalyptus stands. In a stand of 6.5 to 7.5 years old, we collected the average height of the dominant trees in 55 sampling units, allocated by the systematic sampling process. We recorded the central geographic coordinate for the following spatial analyzes. We applied ordinary kriging in the variations of 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 and 25 minimum neighbors used in the interpolation process. We evaluated the map of highest accuracy and precision by the root mean square error (RMSE), coefficient of determination (R^2) and simple linear regression of the estimated values as a function of those observed. The dominant height presented a strong spatial dependence structure, in which we selected the spherical model to provide the weights associated with neighboring sample units used in the interpolation process. The number of neighbors used in ordinary kriging influences the accuracy and precision of spatial estimates of the average height of dominant eucalyptus trees. Considering a very small neighborhood may compromise geostatistics performance in predicting eucalyptus spatial estimates, even in scenarios of strong spatial dependence of the variable. The number of neighbors equal to 15 provides spatial estimates more accurate, ensuring consistent mapping of the variable.

Keywords: Semivariance; spatial dependence; ordinary kriging.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura de dependência espacial de variáveis dendrométricas pode ser obtida por meio da geoestatística, que permite descrever e modelar as variações espaciais existentes em povoamentos florestais a partir da relação de dependência espacial entre os valores de uma variável regionalizada em uma dada direção e distância (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Constatada a presença de padrões espaciais dessas variáveis, é possível predizer valores em locais onde não foi realizada amostragem por meio de interpoladores geoestatísticos, como por exemplo, a krigagem ordinária (LANDIM, 2006).

Neste processo, a vizinhança do ponto não amostrado é utilizada para fornecer os ponderadores que irão contribuir na estimativa espacial. No entanto, não existem regras estritas na definição do número de vizinhos utilizados no processo de krigagem ordinária (WEBSTER; OLIVER, 2007).

Desse modo, compreender o processo de interpolação pela krigagem ordinária, com ênfase no número de vizinhos utilizados na interpolação do ponto não amostrado é necessário para garantir a qualidade do mapeamento da altura dominante de eucalipto, que demonstra forte estrutura de dependência espacial por natureza (GUEDES et al., 2015; KANEGAE JUNIOR et al., 2007; MELLO et al., 2005).

Neste contexto, a hipótese deste estudo considerada que o número de vizinhos utilizados na ponderação da altura média das árvores dominantes de eucalipto estimado influencia na exatidão das suas estimativas espaciais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a precisão e exatidão da altura dominante estimada nas variações dos vizinhos utilizados pela krigagem ordinária em povoamento de eucalipto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em um povoamento de *Eucalyptus* sp de 377 hectares (14 talhões) localizado em Bocaiúva, noroeste de Minas Gerais, entre 6,5 e 7,5 anos de idade. Segundo a classificação de Köppen, o clima da área é definido como tropical úmido de savana do tipo Aw (ALVARES et al., 2014). Em 55 unidades amostrais, alocadas pelo método de área fixa (200 m²) e processo de amostragem sistemática, foram obtidas as alturas média das árvores dominantes (Hd), de acordo com o conceito de Assman (SCOLFORO, 2006). A respectiva coordenada central de cada unidade amostral foi registrada para a posterior análise espacial.

Para a detecção, caracterização e modelagem da dependência espacial da variável foi construído o semivariograma experimental (Equação 1) (YAMAMOTO; LANDIM, 2013). Na presença de anisotropia, foi realizada a correção para obtenção de um semivariograma isotrópico. A partir dos parâmetros iniciais efeito pepita (C_0), contribuição (C) e alcance (a), foi realizado o ajuste dos modelos esférico (Equação 2), exponencial (Equação 3) e gaussiano (Equação 4) utilizando o método da máxima verossimilhança.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

Modelo Esférico:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] \text{ para } h < a \quad \gamma(h) = C_0 + C \text{ para } h \geq a \quad (2)$$

Modelo Exponencial:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{\left(-\frac{h}{a} \right)} \right] \quad (3)$$

Modelo Gaussiano:

$$\gamma(h) = C_0 + C \left[1 - e^{\left(-\frac{h}{a}\right)^2} \right] \quad (4)$$

Em que $\gamma(h)$ = semivariância estimada entre pares de pontos; $N(h)$ = número de pares de valores medidos $z(x_i)$, $z(x_i + h)$; separados pela distância h ; C_0 = efeito pepita; C = contribuição; a = alcance; h = distância média entre pares de pontos.

A escolha do melhor modelo teórico de semivariância baseou-se no menor critério de informação de Akaike e Bayesiano, em conjunto com o valor do erro médio reduzido (**ER**) mais próximo de zero e desvio padrão do erro reduzido (S_{ER}) mais próximo de um (MELLO et al., 2005).

Em seguida, estimou-se o índice de dependência espacial ($IDE = C_1/(C_0 + C_1)$), classificando-o em dependência espacial: fraca ($IDE < 25\%$); moderada ($25\% \leq IDE < 75\%$); e forte ($IDE \geq 75\%$) (ZIMBACK, 2001). Constatada a dependência espacial, foi avaliada a krigagem ordinária (Equação 5) variando o número mínimo de vizinhos no processo de interpolação em 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 e 25.

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (5)$$

Em que: $Z(x_0)$ = estimativa no ponto não amostrado; $Z(x_i)$ = valor observado no i -ésimo ponto amostral; n = número de pontos amostrados; λ_i = peso associado ao i -ésimo ponto amostrado ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

A precisão e exatidão em cada cenário de estimativa foi avaliada por meio do ajuste de uma regressão linear simples ($y = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$), com os valores estimados nas unidades amostrais em função dos observados, em conjunto com o coeficiente de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio (RQEM) (Equação 6).

$$RQEM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-1}} \quad (6)$$

Em que: Y_i e $\hat{Y}_i$ = valores observados e preditos; n = número de observações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A forte dependência espacial foi detectada na maioria dos modelos de semivariância teóricos avaliados, em que a exceção foi o modelo gaussiano, de moderada força (Tabela 1). Em decorrência da sua forte autocorrelação espacial, estudos vem demonstrando o desempenho ótimo em avaliar a altura dominante de eucalipto por meio de técnicas geoestatísticas (GUEDES et al., 2015; KANEGAE JUNIOR et al., 2007; MELLO et al., 2005).

O modelo esférico apresentou as melhores estatísticas de ajuste ao semivariograma experimental, sendo selecionado para o processo de obtenção das estimativas espaciais.

Tabela 1. Parâmetros, estatísticas de ajuste e dependência espacial dos modelos de semivariância teórico esférico, exponencial e gaussiano na avaliação da dependência espacial da altura média das árvores dominantes de eucalipto

Modelos	C0	C	A	AIC	BIC	$\overline{ER}$	Ser	IDE(%)	DE
Esférico*	0,00	14,45	619,8	293,98	302,01	-0,008	1,02	100	Forte
Exponencial	0,00	14,91	264,7	300,04	308,07	-0,005	0,97	100	Forte
Gaussiano	3,01	11,98	327,7	295,16	303,19	-0,015	1,06	80	Moderada

Nota: C0, C e A são os parâmetros: efeito pepita, contribuição e alcance, respectivamente; AIC e BIC representam o critério de informação de Akaike e Bayesiano; $\overline{ER}$ é o erro médio reduzido; Ser é o desvio padrão dos erros reduzidos; IDE(%) é o índice de dependência espacial, em porcentagem; DE é a dependência espacial qualitativa. O símbolo "*" indica o modelo selecionado para a interpolação espacial.

Observou-se um comportamento geral em superestimar a altura dominante para valores observados mais baixos e subestimar para valores mais altos (Figura 1). Esta característica é relacionada a krigagem ordinária, de tal forma que valores mais baixos são superestimados e valores altos subestimados, denominado como efeito de suavização da krigagem (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

Figura 8. Relação linear entre a altura dominante estimada e observada nas variações do número de vizinhos utilizados na krigagem ordinária

A tabela 2 apresenta os parâmetros da regressão linear simples, o coeficiente de determinação (R^2) e a raiz quadrada do erro médio (RQEM) nas variações dos vizinhos utilizados na krigagem ordinária. Em geral, foi observada uma tendência de aumento do R^2 e redução do RQEM, demonstrando que a utilização de uma maior vizinhança teve influência direta no aumento da acurácia das estimativas espaciais.

A melhor inclinação (β_0 e β_1 mais próximos de 0 e 1, respectivamente) foi observada para o número de vizinhos igual a 2. Entretanto, foi a menor precisão observada ($R^2 = 0,357$ e RQEM = 3,14) entre todos os cenários avaliados, demonstrando que a inclinação está relacionada a maior dispersão dos valores.

Por outro lado, o número de vizinhos igual a 15 apresentou a melhor exatidão (inclinação da reta) associado com uma maior precisão, evidenciado pelo menor RQEM e maior R^2 entre todos os cenários avaliados. Este resultado está de acordo com o sugerido por Webster e Oliver (2007), que recomendam no máximo os 20 vizinhos mais próximos do ponto em que se deseja estimar.

Tabela 2. Número de vizinhos, parâmetros da regressão linear, coeficiente de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro médio (RQEM) apresentado pelas variações da vizinhança na interpolação da altura dominante de eucalipto

Nº de Vizinhos	β_0	β_1	R^2	RQEM
n2	12,239	0,478	0,357	3,14
n4	15,554	0,349	0,356	3,05
n6	14,906	0,375	0,386	2,98
n8	14,397	0,397	0,402	2,94
n10	13,813	0,421	0,415	2,91
n15*	13,292	0,446	0,450	2,82
n20	13,456	0,441	0,440	2,85
n25	13,418	0,442	0,440	2,85

Nota: O símbolo "*" representa o cenário que apresentou a maior acurácia nas estimativas espaciais da altura média das árvores dominantes.

A altura média das árvores dominantes apresentou estratos bem definidos de n4 a n25 (Figura 2). Por outro lado, o cenário n2 apresentou estratos em geral abruptos nos seus limites, de tal modo que a menor vizinhança influenciou negativamente na espacialização dos padrões espaciais da altura média das árvores dominantes.

Além disso, foi o mapa que apresentou o estrato dos valores extremos (vermelho escuro) com maior área em relação aos demais, corroborando com a menor precisão observada anteriormente. Por outro lado, o mapeamento da variabilidade espacial pelo cenário n15 apresentou estratos com bordas de transição suave associada a uma maior precisão e exatidão das estimativas espaciais.

Figura 2. Mapeamento da variabilidade espacial da altura média das árvores dominantes em povoamento de eucalipto, nas variações do número de vizinhos utilizados na krigagem ordinária

4. CONCLUSÃO

O número de vizinhos utilizados na krigagem ordinária possui influência na exatidão e precisão das estimativas espaciais da altura média das árvores dominantes de eucalipto. Considerar uma vizinhança muito pequena pode comprometer o desempenho da geoestatística na predição de estimativas espaciais de eucalipto, mesmo em cenários de forte dependência espacial da variável. O número de vizinhos igual a 15 propicia estimativas espaciais de maior acurácia, garantindo o mapeamento consistente da variável.

5. AGRADECIMENTOS

Ao laboratório de Mensuração e Manejo Florestal (LAMFLOR/UFRRJ) pelo suporte prestado ao desenvolvimento deste estudo. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- GUEDES, I. C. L. et al. Continuidade espacial de características dendrométricas em povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* avaliada ao longo do tempo. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 527–534, 2015.
- KANEGAE JUNIOR, H. et al. Avaliação da continuidade espacial de características dendrométricas em diferentes idades de povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 859–866, 2007.
- LANDIM, P. M. B. Sobre Geoestatística e mapas. **Terra e Didática**, v. 2, n. 1, p. 19–33, 2006.
- MELLO, J. M. et al. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 113–126, 2005.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: modelos de crescimento e produção florestal. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. **Geostatistics for environmental scientists**. 2.ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2007. 333p.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística**: conceitos e aplicações. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- ZIMBACK, C. R. L. **Geoestatística**. 1. ed. Botucatu: UNESP, 2003.

PARTE IV

Tecnologia de Produtos Florestais

Promover e difundir o conhecimento pela utilização de espécies de madeiras nativas e exóticas, populares e desconhecidas, oriundas de florestas nativas ou cultivadas.

Capítulo 61

INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA DE PRODUTOS FLORESTAIS

*Ana Paula Câmara da Silva
Maria Paula Reggiane Silveira
Tayná Rebonato Oliveira
Daniela Minini
Antônio José Vinha Zanuncio*

A sustentabilidade é viável quando há integração dos fatores da cadeia produtiva, ao considerar os extremos de início e fim. O acabamento da matéria-prima florestal, seja pela confecção e avaliação dos produtos madeireiros ou pela utilização dos produtos florestais não madeireiros, é elemento relevante para direcionar o mercado ao uso sustentável da madeira. A divulgação dos 21 trabalhos científicos na linha de produtos florestais deste Ebook tem como objetivo promover e difundir o conhecimento pela utilização de espécies de madeiras nativas e exóticas, populares e desconhecidas, oriundas de florestas nativas ou cultivadas, com possibilidades de multiprodutos e que envolvam os diferentes setores produtivos, a citar: energético, celulose e papel, serraria, tratamento térmico, etc.

Além de considerar os multiprodutos de valor econômico oriundos das florestas, há ainda a interação ambiental para o desenvolvimento e crescimento das plantas, com geração de benefícios diretos e indiretos para o ecossistema, a nível local e global, prestando serviços ambientais tais como o sumidouro de carbono ou a redução dos resíduos florestais por meio utilização dos coprodutos. Vale destacar que grande parte dos trabalhos científicos desta seção abordam os avanços produtivos de avaliação da madeira, com obtenção de melhor aproveitamento.

Logo, cientistas, profissionais e estudantes do setor florestal podem usufruir deste material de forma útil para adquirir conhecimento sobre os produtos florestais, com aplicações adequadas das propriedades madeireiras e não madeireiras, especialmente para aqueles dos setores produtivos que beneficiam a matéria-prima para agregar valor econômico aos inúmeros elementos que compõem a árvore. Esperamos que essas informações sejam úteis e aplicadas de forma consciente, adaptável e sustentável, como um processo evolutivo e inovador do setor florestal.

Capítulo 62

USO DE TANINO COMO INIBIDOR FÚNGICO E SUA INFLUÊNCIA NO CONTROLE DA GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS*)

*Hernesise Mayard¹, Fabricio Gomes Gonçalves¹, Alice Soares Brito¹,
Rodrigo Sobreira Alexandre¹, Izabella Luzia Silva Chaves¹*

¹Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: hernesise.mayard@yahoo.com

Resumo: Os taninos são complexos polifenólicos conhecidos por terem propriedades antimicrobianas e antifúngicas. Os mesmos protegem as sementes da germinação precoce e da suscetibilidade a insetos, sendo assim, utilizados na defesa da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tanino comercial proveniente de *Acacia mearnsii* na proteção de sementes contra o ataque de fungos e o impacto sob a germinação. Foram utilizadas 6 diferentes concentrações de tanino (0, 4, 8, 12, 16 e 20 g) e quatro repetições por concentração, sendo cada repetição equivalente a 25 sementes, ou seja, 100 sementes por tratamento. As diferentes concentrações de tanino foram diluídas em 50 g de água destilada e a imersão das sementes se deu por um período de 10 minutos, colocadas para germinar em papel germitest a 25°C. Foram avaliadas a porcentagem de germinação, plântulas normais, plantas anormais e deterioração. As menores concentrações de tanino proporcionam melhores porcentagens de germinação. A presença do tanino estimula a germinação e impede o desenvolvimento dos fungos. O tanino pode ser utilizado como um produto natural para proteger sementes do ataque de fungos e para aumentar sua porcentagem de germinação.

Palavras chave: germinação; extrato vegetal; concentração de tanino.

USE OF VEGETABLE EXTRACT AS A FUNGAL INHIBITOR AND ITS INFLUENCE ON SEED CONTROL

Abstract: Tannins are polyphenol complexes known to have antimicrobial and antifungal properties. They also protect seeds from early germination and susceptibility to insect pests and are thus used in plant defense. The objective of this work is to evaluate the effect of commercial tannin from *Acacia mearnsii* in seed protection against fungal attack and impact on seed germination. Germitest paper with six treatments of four repetitions (25 seeds per repetition) with five different tannin concentrations (0, 4, 8, 12, 16, 20 g.) Diluted in 50 g was used of distilled water. After dilution a batch of 100 seeds was moistened at each concentration for a period of 10 minutes and placed to germinate at 25°C. Germination percentage, normal plants, abnormal plants and decay were evaluated. Lower tannin concentrations provide better germination percentages. The presence of tannin stimulates germination, and it prevents the development of fungi. Tannin can be used as a natural product to protect seeds from fungal attack and to increase their germination percentage.

Keywords: germination; plant extract; tannin concentration.

1. INTRODUÇÃO

Um grande problema para a produção de sementes são os patógenos que deterioram a sua qualidade. Os fungos que atingem as sementes invadem o embrião e o endosperma ocasionando a podridão das sementes, raízes e colmo comprometendo a produção, qualidade, palatabilidade e a germinação (SACHS, *et al.*, 2012).

Alguns dos problemas associados à utilização de produtos químicos para o controle de doenças em plantas incluem frequentes falhas no controle destes produtos devido à aquisição de resistência por parte dos fitopatógenos, contaminação ambiental, entre outros (HILLEN *et al.*, 2012). Em função disso, pesquisadores e produtores foram incentivados a buscarem novos caminhos para o controle de doenças nas mais variadas culturas (VENZON, 2006), sendo a utilização de extratos vegetais uma alternativa promissora. Os taninos constituem um tipo de extrato vegetal capaz de inibir diretamente o crescimento de patógenos (fungos, bactérias, leveduras), como também induzir a resistência nas plantas (CELOTO *et al.*, 2008; LAMICHANEY e KATIYAR, 2017).

O termo tanino inclui substâncias fenólicas poliméricas caracterizadas por suas propriedades de combinação com proteínas. No mapa estrutural, os taninos são divididos em dois grupos: taninos hidrolisáveis e taninos condensados (IGNAT *et al.*, 2011). Os taninos condensados, em particular, são mais resistentes ao ataque microbiano do que os hidrolisáveis, com efeitos tóxicos mais fortes sobre as populações de micro-organismos (PANNO *et al.*, 2013), sendo encontrados em quantidades significativas na casca de várias espécies arbóreas, dentre elas àquelas pertencentes ao gênero *Pinus* (PEPINO *et al.*, 2001). As propriedades antimicrobianas de taninos hidrolisáveis são bem conhecidas, elas atuam como inibidores de crescimento para muitos microrganismos incluindo bactéria e leveduras (AGUILERA-CARBO *et al.*, 2008; AKHTAR *et al.*, 2015).

Além da casca, os taninos podem ser encontrados nas raízes, nas folhas, nos frutos, nas sementes e na seiva (BATTESTIN *et al.*, 2004). Os compostos fenólicos vegetais são biologicamente ativos, incluindo várias classes como: ácidos fenólicos, flavonóides, antocianinas e taninos propriamente ditos (ATMANI *et al.*, 2009; BEHAMMOU *et al.*, 2008).

Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do tanino comercial proveniente de *Acacia mearnsii* na proteção de sementes de feijão contra o ataque de fungos e o impacto sob a germinação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da Universidade Federal de Espírito Santo (UFES), no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Utilizou-se o tanino condensado fornecido pela empresa SETA, localizada no estado do Rio Grande do Sul, sendo este oriundo de *Acacia mearnsii* (acácia negra) na forma de pó.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos de quatro repetições, sendo vinte e cinco sementes por repetição.

As sementes foram imersas por 10 minutos nas cinco concentrações tânicas (4, 8, 12, 16 e 20g) diluídas em 50 g de água destilada. A concentração de 0g foi considerada como testemunha. As sementes foram dispostas em papel germitest umedecido com 2,5 vezes o peso de papel, sendo mantidas em ambiente climatizado com controle de temperatura e luminosidade (Biochemical Oxygen Demand - BOD), a 25°C por um período de nove dias.

Avaliou-se a porcentagem de germinação, plântulas normais, plântulas anormais e deterioração. Na classificação das plântulas, considerou-se como normais àquelas com todas as estruturas essenciais em perfeito desenvolvimento (BRASIL, 2009). Vale ressaltar que a

porcentagem de plântulas normais e anormais está inclusa na porcentagem de plântulas germinadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foi observado que as melhores concentrações de tanino, ou seja, que aumentaram a porcentagem de germinação das sementes de feijão foram àquelas iguais a 4, 8 e 12 gramas de tanino, como mostra a Tabela 1.

Pode-se observar também que as concentrações de 16 e 20g de tanino foram as responsáveis pela maior inibição do ataque dos fungos.

Tabela 1. Porcentagem de germinação, plantas normais, plantas anormais e deterioração por tratamento

Concentração de tanino (g)	GER	PN	PA	DET
0	68	41	11	24
4	88	66	5	13
8	84	47	5	7
12	73	27	13	7
16	56	2	16	6
20	22	0	0	2

Nota: GER: Germinação; PN: Plantas normais; PA: Plantas anormais; DET: Deterioração.

A porcentagem de germinação foi maior nos tratamentos em que as concentrações de tanino são mais baixas (4, 8 e 12 g de tanino). Este resultado corrobora com os estudos de Saitoh *et al.*, (2007). Os taninos são complexos polifenólicos conhecidos por possuírem ação de proteção em sementes para inibir sua germinação precoce.

Observando a Tabela 1, pode-se constatar que a deterioração e o nível do ataque de fungos diminuíram à medida que as concentrações do tanino foram maiores. Este resultado está em consonância com Lamichaney e Katiyar (2017), uma vez que o uso de tanino pigmentado nas sementes pode ajudar na prevenção ao ataque de fungos. Os taninos são complexos polifenólicos conhecidos por terem propriedades antimicrobianas e antifúngicas (SAITOH *et al.*, 2007).

4. CONCLUSÃO

O tanino pode ser utilizado como um produto natural eficaz na proteção de sementes de feijão do ataque de fungos e para aumentar sua porcentagem de germinação.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Análise de Sementes pela disponibilização do material para realização deste experimento.

À CAPES pela bolsa concedida.

Às colegas do Laboratório de Análise de Sementes pela ajuda na realização do experimento. Às colegas do Laboratório de Painéis pela ajuda na correção.

Ao meu irmão Raynold Mayard pelo suporte na leitura do texto.

Ao Laboratório de Painéis pelo apoio durante o experimento.

À empresa SETA pelo tanino concedido.

À UFES pela oportunidade de cursar o mestrado.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA-CARBO, A.; AUGUR, C.; PRADO-BARRAGAN, L. A.; FAVELA-TORRES, E.; AGUILAR, C. N. Microbial production of ellagic acid and biodegradation of ellagitannins. **Appl. Microbiol. Biotechnol.**, v. 78, n. 2, p.189-199, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1276-2>.
- AKHTAR, S.; ISMAIL, T.; FRATERNALE, D.; SESTILI, P. Pomegranate peel and peel extracts: chemistry and food features. **Food Chem.**, v. 174, p. 417-425, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.035>.
- ATMANI, D.; CHAHER, N.; BERBOUCHA, M.; AYOUNI, K.; LOUNIS, H.; BOUDAUD, H.; DEBBACHE, N.; ATMANI, D. Antioxidant capacity and phenol content of selected algerian medicinal plants. **Food Chemistry**, v. 112, n. 2, p. 303-309, 2009.
- BATTESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. A. FONTES E APLICAÇÕES DE TANINOS E TANASES EM ALIMENTOS. **Alim. Nutr.**, v.15, n.1, p.63-72, 2004.
- BENHAMMOU, N.; BEKKARA, F. A.; PANOVSKA, T. K. Antioxidant and antimicrobial activities of the *Pistacia lentiscus* and *Pistacia atlantica* extracts. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 2, n. 2, p. 22-28, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Mapa/ACS, 399p, 2009.
- CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de plantas à *Colletotrichum gloeosporioides*. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2008. Doi: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1104>.
- HILLEN, T.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; MESQUINI, R. M.; CRUZ, M. E. S.; STANGARLIN, J. R.; NOZAKI, M. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais no controle de alguns fitopatógenos fúngico in vitro e no tratamento de sementes. **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 14, n. 3, p. 439-445, 2012.
- IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v. 126, n. 4, p.1821-1835, 2011.
- LAMICHANEY, A.; KATIYAR, P. K. Plant Emergence and t50 Responses of Two Chickpea Cultivar Differing in Seed Coat Colour to PEG-Osmopriming at Suboptimal Temperature. **The National Academy of Sciences, India** 2017. Doi: <https://doi.org/10.1007/s40009-017-0599-5>.
- PANNO, L.; BRUNO, M.; VOYRON, S.; ANASTASI, A.; GNAVI, G.; MISERERE, L.; VARESE, G. C. Diversity, ecological role and potencial biotechnological applications of marine fungi associated to the seagrass *Posidonia oceanica*. **New Biotechnol.** v. 30, n. 6, p. 685-694. 2013. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.nbt.2013.01.010>.
- PEPINO, L.; BRITO P.; JORGE, F. C.; DA COSTA, R. P.; GIL, M. H.; PORTUGAL, A. Comparison of quantification methods for the condensed tannin content of extracts of *Pinus pinaster* bark. In: CHIELLINI, E.; GIL, H.; BRAUNEGG, G.; BUCHERT, J.; GATENHOLM, P.; VAN DER ZEE, M. (Org.). **Biorelated Polymers - Sustainable Polymer Science and Technology**, p. 359-369, 2001. Doi: http://10.1007/978-1-4757-3374-7_32.
- SACHS, C.; CASA, R. T.; PILETTI, G. J.; NETTO, L. A.; FINGSTAG, M.; NERBA, F.; STOLTZ, J. C.; ZANCAN, R.; BAMPI, D.; AGOSTINETTO, L. Incidência de *Fusarium verticillioides* em sementes de milho e transmissão para o sistema radicular e parte aérea da

planta. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29, 2012. **Anais...** Águas de Lindóia: Embrapa, p. 614-620, 2012.

SAITOH, T.; OSAWA, J.; TAKANISHI, T.; HAYAKASHI, S.; OHMORI, M.; MORITA, T.; UEMURA, S.; VIK, J. O., STENSETH, N. C.; MAEKAWA, K. Effects of acorn masting on population dynamics of three forest-dwelling rodent species in Hokkaido, Japan. **Popul. Ecol.**, v. 49, n. 3, p. 249–256, 2007.

VENZON, M. **Controle Alternativo de Pragas e Doenças**. Viçosa: EPAMIG, UFV, 206p. 2006.

Capítulo 63

POTENCIAL BIOHERBICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE FOLHAS DO HÍBRIDO *E. urophylla* x *E. camaldulensis*

Maikon Keoma da Cunha Henrique¹, Thammyres de Assis Alves¹,
Thayllon de Assis Alves¹, Mitsue Ito¹, Milene Miranda Praça-Fontes¹

¹ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: thammyresalves@gmail.com

Resumo: O uso de métodos de controle alternativo ao desenvolvimento de plantas daninhas, como os óleos essenciais, tem sido estimulado, devido à preocupação a respeito dos prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente, decorrentes do uso indiscriminado dos defensivos agrícolas. Plantas do gênero *Eucalyptus* têm sido estudadas, possuindo diferentes atividades biológicas. Assim o objetivo do presente estudo foi avaliar o potencial bioherbicida do óleo essencial do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, por meio de testes de fitotoxicidade com bioensaios vegetais. Para isso, extraiu-se o óleo essencial foliar de indivíduos adultos, cultivados no horto florestal, tendo as coordenadas 20°47'43.7"S 41°24'20.9"W. Sementes de sorgo e alface foram tratadas com cinco concentrações (3000, 1500, 750, 375 e 138,5 µg L⁻¹) e a porcentagem de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG), crescimento radicular (CR) e crescimento aéreo (CA) foram avaliados. Os resultados obtidos indicaram efeitos fitotóxicos e bioherbicida do óleo, na maior concentração testada, nas duas espécies modelo utilizadas (alface e sorgo).

Palavras chave: Bioensaios, Fitotoxicidade, *Lactuca sativa*, *Sorghum bicolor*.

BIOHERBICIDE POTENTIAL OF LEAVES ESSENTIAL OIL OF *Eucalyptus urocam*

Abstract: The use of alternative control methods to weed development, such as essential oils, has been encouraged due to concern about the damage to human health and the environment resulting from the indiscriminate use of agrochemicals. Plants of the genus *Eucalyptus* have been studied, having different biological activities. Thus, the objective of the present study was to evaluate the bioherbicidal potential of the essential oil of the hybrid *E. urophylla* x *E. camaldulensis* by phytotoxicity tests with plant bioassays. For this, the leaf essential oil was extracted from adult individuals, cultivated in the forest garden, having the coordinates 20 ° 47'43.7 "S 41 ° 24'20.9" W. Sorghum and lettuce seeds were treated with five concentrations (3000, 1500, 750, 375 and 138.5 µg L⁻¹) and the percentage of germination (% G), germination speed index (IVG), root growth (CR) and aerial growth (CA) were evaluated. The results indicated phytotoxic and bioherbicidal effects of the oil, in the highest concentration tested, in the two model species used (lettuce and sorghum).

Keywords: Bioassays; *Lactuca sativa*; Phytotoxicity; *Sorghum bicolor*.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos e suas aplicabilidades têm determinado em alta produtividade agrícola, bem como, na diminuição dos custos de produção (SILVA et al., 2005; BRAIBANTE e ZAPPE, 2012; ALVES e TEDESCO, 2015). Entretanto, as tecnologias alcançadas têm gerado discussões a respeito de suas consequências para a saúde humana e para o meio ambiente (SOLOMONS, 1989; JAVARONI et al., 1991; ANDRÉA, 2004; WERF, 1996; BOLOGNESI, 2003; SILVA et al., 2005; SOARES, 2011).

Muitos relatos têm sido efetuados em relação à contaminação de rios, lençóis freáticos, solos, culturas circunvizinhas, lagos e ar (RIGITANO e BARBOSA, 1994; MOREIRA e CRUZ, 1996). Associado a isso, encontram-se os problemas à fauna aquática e terrestre (WERF, 1996; FLORES et al., 2004; SOARES, 2011; SILVA et al., 2012). Casos de intoxicação e danos à saúde humana decorrente do contato com agroquímicos, seja por ingestão ou por contato pela pele tem alavancado os debates com o dilema dos benefícios e malefícios dessas substâncias (BRASIL, 2002; WAICHMAN et al., 2002 e 2007; MOSS, 2008; CARSON, 2010; LONDRES, 2011; INCA, 2015).

Para manter a qualidade da produção/produktividade e buscando mitigar os efeitos nocivos dos agroquímicos, produtos naturais com atividade biológica têm sido avaliados em estudos visando a produção de bioagroquímicos. Dentre os vários compostos/substâncias proeminentes nesse ramo de pesquisa estão os óleos essenciais de plantas com efeitos medicinais e/ou com uso alimentício (KORDALI et al., 2008; ARAGÃO et al., 2015; PINHEIRO et al., 2015). Além disso, resíduos vegetais de plantas cultivadas em monoculturas podem ser destinados para esse tipo de atividade, fazendo-se assim, maior aproveitamento da biomassa da planta.

Espécies e híbridos do gênero *Eucalyptus*, dentre elas o híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, são cultivadas em larga escala, visando, com seu caule, suprir a necessidade das indústrias de celulose, carvão e madeira (OLIVEIRA, 1997). Dessa forma, suas raízes e folhas são resíduos na produção, ou seja, são descartadas no processo produtivo. Muitas dessas espécies são descritas na literatura como medicinais, sendo utilizadas como anti-inflamatórios, analgésicos e no tratamento de doenças respiratórias (SILVA et al., 2003; PEREIRA, 2010). Além disso, estudos confirmaram atividade antimicrobiana (FALAHATI et al., 2005; MOREIRA et al., 2005), inseticida (TINKEU et al., 2004; ERLER et al., 2006), antibactericida (RAMEZANI et al., 2002), fitotóxica e citotóxica (ARAGÃO et al., 2015) de diferentes espécies de *Eucalyptus*, demonstrando a importância das pesquisas de possível atividade biológica de espécies pertencentes a esse gênero que ainda não tenham sido estudadas.

Os bioensaios têm sido utilizados em pesquisas relacionadas a avaliação da atividade biológica, bem como, para elucidação de compostos bioativos (ARAGÃO et al., 2015; PINHEIRO et al., 2015; ARAGÃO et al., 2017; ALVES et al., 2018). Dentre os testes realizados para determinação de potencial herbicida de agentes-testes estão as análises de fitotoxicidade/mutagenicidade. Tais testes, são utilizados, por apresentarem resultados claros e eficientes em curto período de tempo, utilizarem organismos modelo tanto mono quanto eudicotiledônea, serem de baixo custo, além de utilizarem como organismos teste vegetais que apresentam resultados correlatos com os encontrados em mamíferos (ARAGÃO et al., 2015; PINHEIRO et al., 2015; ARAGÃO et al., 2017).

Assim o objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial bioherbicida do óleo essencial de folhas do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* avaliado em *Lactuca sativa* e *Sorghum bicolor*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Folhas adultas e sadias de clones adultos do híbrido de *E. urophylla* X *E. camaldulensis* foram coletadas no horto florestal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade

Federal do Espírito Santo que está localizado na Rodovia ES 482, Km 43, sem número, tendo as coordenadas 20°47'43.7"S 41°24'20.9"W e seus respectivos óleos foram extraídos (PINHEIRO et al., 2015). Para análises do efeito biológico foram utilizadas sementes comerciais de *L. sativa* (alface - eudicotiledônea) “Crespa Grand Rapids - TBR” (ISLA) e de *S. bicolor* (sorgo - monocotiledônea) “AL precioso” (Br seeds).

Para realização do ensaio fitotóxico, utilizou-se cinco concentrações (3000, 1500, 750, 375 e 187,5 $\mu\text{g L}^{-1}$) do óleo essencial obtido por hidrodestilação (VASCONCELOS et al., 2019). Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições por tratamento, sendo cada repetição constituído por 25 sementes. As análises foram realizadas com alface e sorgo, sendo aplicado como controles negativos (C-) água destilada e diclorometano (solvente usado na preparação dos concentrados) e como controle positivo (C+) foi utilizado o herbicida comercial Glifosato, na concentração indicada pelo fabricante (0,1%) (PINHEIRO et al., 2015).

Avaliou-se o índice de velocidade de germinação (IVG) das sementes acompanhando o número de sementes germinadas por placa de 8 em 8h durante as primeiras 48h de exposição aos tratamentos e a porcentagem de germinação (%G) após 48h de exposição aos tratamentos. Os crescimentos radiculares (CR) e aéreos (CA) foram aferidos após 48h e 120h de exposição aos tratamentos, respectivamente (ARAGÃO et al., 2015).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas entre si por meio do teste de Dunnett ($p < 0,05$). Esse teste foi escolhido, por ser o mais indicado para comparação de tratamentos com controles (McHUGH, 2011). Todos os dados foram processados no programa estatístico GENES (CRUZ, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de fitotoxicidade demonstraram o efeito tóxico do óleo testado. Todos os tratamentos apresentaram médias do IVG inferiores às dos C-, sendo que tal diferença foi demonstrada por meio da análise estatística nos tratamentos do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* na concentração de 3000 $\mu\text{g L}^{-1}$ em alface e em sorgo, e na concentração de 1500 $\mu\text{g L}^{-1}$ em alface (FIGURA 1). Segundo Iganci et al. (2006), esse é o parâmetro mais sensível dentre os avaliados em ensaios de fitotoxicidade. De modo que, sua inibição indica a toxicidade do agente teste independentemente dos resultados observados nos demais parâmetros mensurados.

A %G foi inibida significativamente nas sementes de alface tratadas com o óleo do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* 3000 $\mu\text{g L}^{-1}$, sendo tal inibição de 17% (FIGURA 1). Segundo Aragão et al. (2017), esse é o parâmetro menos sensível, expressando a fitotoxicidade aguda dos compostos teste.

O óleo do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* 3000 $\mu\text{g L}^{-1}$ provocou inibição significativa no CR de ambas as espécies modelo, sendo tal inibição de 48% na alface e 60% no sorgo, quando comparado com o C- (FIGURA 1). Tal resultado pode estar associado com a sensibilidade dessa variável, uma vez que, Aragão et al. (2017), descreveram essa variável como a mais sensível dentre as referente à crescimento.

O óleo do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* não promoveu inibição significativa no CA das plantas modelo. Tal resultado, provavelmente está relacionado com a composição química do óleo essencial, bem como pelo efeito sinérgico entre as moléculas. Aragão et al. (2015), estudando a atividade alelopática de *E. grandis* e de *E. citriodora*, relataram o efeito sinérgico do óleo essencial de *E. grandis*.

Esses resultados demonstraram o potencial bioherbicida do óleo em estudo e a possibilidade de novos testes utilizando plantas daninhas como modelo.

Figura 1. Fitotoxicidade do óleo essencial de *E. urocam* nas concentrações de 3000, 1500, 750, 375 e 187,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ em alface (a) e em sorgo (b). As médias seguidas pela letra a se igualaram ao C- água destilada, as seguidas pela letra b se igualaram ao C- diclorometano (DCM) e as seguidas pela letra c se igualaram ao C+ glifosato, de acordo com o teste de Dunnett ($p < 0,05$)

Nota: %G – representa a porcentagem de sementes germinadas após 48h de exposição aos tratamentos; IVG – o índice de velocidade de germinação das sementes durante as primeiras 48h, avaliadas de 8 em 8h, após a exposição aos tratamentos; CR – tamanho das raízes em mm após 48h de exposição aos tratamentos; CA – tamanho da parte aérea da planta em mm após 120h de exposição aos tratamentos.

4. CONCLUSÃO

Os resultados apontam o potencial bioherbicida do óleo essencial de folhas do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, o qual deve ser avaliado em plantas daninhas. Caso confirmado o potencial, há a possibilidade de os resíduos foliares da produção madeireira dessa espécie serem destinadas para a extração de óleo essencial, visando sua aplicação no controle de plantas daninhas.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPES, CNPq, UFES e CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALVES, C. T.; TEDESCO, J. C. A revolução verde e a modernização agrícola na mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul–1960/1970. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 21, 2015.
- ALVES, T. A.; PINHEIRO, P. F.; PRAÇA-FONTES, M. M.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; CORRÊA, K. B.; ALVES, T. A.; DA CRUZ, F. A.; LACERDA JÚNIOR, V.; FERREIRA, A.; SOARES, T. C. B. Toxicity of thymol, carvacrol and their respective phenoxy acetic acids in *Lactuca sativa* and *Sorghum bicolor*. **Industrial Crops and Products**. v. 114, p. 59-67, 2018.
- ANDRÉA, M.M. **Contaminação do solo por pesticidas**. Centro de Proteção Ambiental do Instituto Biológico. 2004. In: Disponível em: <http://www.geocities.com/~esabio/agua/contaminacao_pesticidas.htm>.
- ARAGÃO, F. B.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; FERREIRA, A.; COSTA, A. V.; QUEIROZ, V. T.; PINHEIRO, P. F. Phytotoxic and cytotoxic effects of *Eucalyptus* essential oil on *Lactuca sativa* L. **Allelopathy Journal**. v. 35, p. 259-272, 2015.
- ARAGÃO, F. B.; QUEIROZ, V. T.; FERREIRA, A.; COSTA, A. V.; PINHEIRO, P. F.; CARRIJO, T. T.; ANDRADE-VIEIRA, L. F. Phytotoxicity and cytotoxicity of *Lepidaploa rufogrisea* (Asteraceae) extracts in the plant model *Lactuca sativa* (Asteraceae). **Revista de Biologia Tropical**. v. 65, p. 1-10, 2017.
- BOLOGNESI, C. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies. **Mutation Research**, v. 543, p. 251-272. 2003.
- BRAIBANTE, M. E. F.; ZAPPE, J. A. A Química dos Agrotóxicos. **Química Nova na Escola**, v. 34, p. 10-15, 2012.
- BRASIL, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 7.802** de 11 de julho de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1989.
- _____, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2002.
- CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. 1 ed. São Paulo: Gaia, 2010.
- CRUZ, C. D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy (Online)**, 35, 271-276, 2013.
- ERLER, F.; ULUG, I.; YALCINKAYA, B. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. **Fitoterapia**, v. 77, n. 7-8, p. 491-494, 2006.
- FALAHATI, M.; OMIDI TABRIZI, N.; JAHANIANI, F. Anti dermatophyte activities of *Eucalyptus camaldulensis* in comparison with Griseofulvin. **Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics**, v. 4, n. 2, p. 80-0, 2005.
- FLORES, A. V.; RIBEIRO, J. N.; NEVES, A. A.; QUEIROZ, E. L. R. D. Organoclorados: um problema de saúde pública. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, p. 11-125, 2004.

INCA. **Posicionamento do Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva.**

Acerca dos Agrotóxicos. 2015.

In:<http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionamento_do_inca_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf>.

JAVARONI, R.C.A.; TALAMON, J.; LANDGRAF, M.D.; REZENDE, M.O.O., Estudo da degradação de lindano em solução aquosa através da radiação gama. **Química Nova**, v.14, p.237-239, 1991.

KORDALI, S.; CAKIR, A.; OZER, H.; CAKMAKCI, R.; KESDEK, M.; METE, E. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p--cymene. **Bioresource Technology**. v. 99, n.18, p. 8788–8795, 2008.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

McHUGH, M. L. Multiple comparison analysis testing in ANOVA. **Biochemical Medicine**, 21(3), 203–209, 2011.

MOREIRA, L. F.; CRUZ, J.C.S., **Uso correto e seguro de fitossanitários**. Viçosa, MG: EMATER; DETEC; Departamento Técnico. Não paginado, 1996.

MOREIRA, M. R.; PONCE, A. G.; DEL VALLE, C. E.; ROURA, S. I. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. **LWT-Food Science and Technology**, v. 38, n. 5, p. 565-570, 2005.

MOSS, B. Water pollution by agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 363, p. 659-666, 2008.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997

PEREIRA, J. L. **Composição química dos óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus* L'Herit (Myrtaceae)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

PINHEIRO, P. F.; COSTA, A. V.; ALVES, T. A.; GALTER, I. N.; PINHEIRO, C. A.; PEREIRA, A. F.; OLIVEIRA, C. M. R.; PRAÇA-FONTES, M. M. Phytotoxicity and cytotoxicity of essential oil from leaves of *Plectranthus amboinicus*, carvacrol and thymol in plant bioassays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 63, p. 8981-8990, 2015.

RAMEZANI, H.; SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Antifungal activity of the volatile oil of *Eucalyptus citriodora*. **Fitoterapia**, v. 73, n. 3, p. 261-262, 2002.

RIGITANO, R. L. O.; BARBOSA, T. M. L. Influência da classe e profundidade do solo na degradação do inseticida-nematicida aldicarb. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.955-960, 1994.

SILVA, J. M.; NOVATO-SILVA, E.; FARIA, H. P.; PINHEIRO, T. M. M. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. **Ciência & Saúde Coletiva [online]**, v. 10, p. 891-903, 2005.

SILVA, J.; ABEBE, W.; SOUSA, S. M.; DUARTE, V. G.; MACHADO, M. I. L.; MATOS, F. J. A. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. **Journal of ethnopharmacology**, v. 89, n. 2-3, p. 277-283, 2003.

SILVA, L. O. C.; SILVA, A. A.; QUEIROZ, M. E. L. R.; LIMA, C. F.; ROCHA, P. R. R.; D'ANTONINO, L. Action of *Eleusine coracana* in the remediation of soils contaminated with picloram. **Planta Daninha**, v. 30, p. 627-632, 2012.

SOARES, A. F. S. Uso de agrotóxicos, contaminação de mananciais e análise da legislação pertinente [manuscrito]: um estudo na região de Manhuaçu – MG. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 294 f. 2011.

SOLOMONS, T.W.G. **Química orgânica 2**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1989.

TINKEU, L. S. N.; GOUDOU, S. N.; NGASSOUM, A.; MAPONGMETSEM, M.B.; KOUNINKI, P. M.; HANCE, T. Persistence of the insecticidal activity of five essential oils on the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). **Communications in agricultural and applied biological sciences**, v. 69, n. 3, p. 145-147, 2004.

VASCONCELOS, L. C.; SANTOS, E. S.; BERNARDES, C. O.; FERREIRA, M. F. S.; FERREIRA, A.; TULER, A. C.; CARVALHO, J. A. M.; PINHEIRO, P. F.; PRAÇA-FONTES, M. M. Phytochemical analysis and effect of the essential oil of *Psidium* L. species on the initial development and mitotic activity of plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 25, p. 26216-26228, 2019.

WAICHMAN, A. V.; EVE, E.; DA SILVA NINA, N. C. Do farmers understand the information displayed on pesticide product labels? A key question to reduce pesticides exposure and risk of poisoning in the Brazilian Amazon. **Crop Protection**, v. 26, p. 576-583, 2007.

WAICHMAN, A. V.; RÖMBKE, J.; RIBEIRO, M. O. A.; NINA, N. C. Pesticide use in the Amazon State, Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 9, p. 423-428, 2002.

WERF, M.G. Assessing the impact of pesticides on the environment. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 60, p. 81-96, 1996.

Capítulo 64

INFLUÊNCIA GENÉTICA NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Eucalyptus urophylla* E DO HÍBRIDO *E. urophylla* x *E. camaldulensis*

Maikon Keoma da Cunha Henrique¹, Thammyres de Assis Alves¹,
Thayllon de Assis Alves¹, Mitsue Ito¹, Milene Miranda Praça-Fontes¹

¹ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: maikon.henriques@hotmail.com

Resumo: Um dos principais gêneros para a área florestal é o *Eucalyptus*, pertencente à família das Myrtaceae. Espécies desse gênero fornecem madeira para diferentes finalidades, como uma estratégia para diminuir a pressão por matéria prima nas florestas nativas. Além disso, a composição química dos eucaliptos contribui para sua ação em diferentes atividades biológicas, como: fitotóxica, citotóxica, inseticida, antimicrobiana, antibacteriana e medicinal. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento e caracterizar os óleos essenciais de *E. urophylla* e do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, visando avaliar a interferência genética nessas características, bem como, indicar a espécie com maior rendimento. Para isso, folhas das duas espécies foram coletadas e seus óleos extraídos por hidrodestilação em aparelho Clevenger e seus constituintes foram identificados por espectrometria gasosa de massas e de chamas. O óleo essencial do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* apresentou rendimento de 0,77% e seus compostos foram: eucaliptol (89,8%), terpineol (6,73%), α -pineno (1,9%) e linalol (1,4%). Enquanto o *E. urophylla* apresentou rendimento de 0,20% e os compostos identificados foram: eucaliptol (87,9%), viridiflorol (5,1%), α -pineno (4,3%) e aromadendreno (2,6%). Tais resultados indicaram possível efeito aditivo dos genes herdados pelo híbrido, para tais características, sendo o rendimento do óleo essencial do híbrido superior ao do parental, demonstrando o maior potencial do híbrido para produção/obtenção de óleo essencial e isolamento do composto majoritário.

Palavras chave: 1,8-cineol; Compostos voláteis; Efeito aditivo; Eucaliptol; Metabólitos secundários.

GENETIC INFLUENCE ON CHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OILS OF *Eucalyptus urophylla* AND THE HYBRID *E. urophylla* x *E. camaldulensis*

Abstract: One of the main genus for the forest area is *Eucalyptus*, belonging to the Myrtaceae family. Species of this genus provide timber for different purposes as a strategy to reduce pressure for raw material in native forests. Moreover, the chemical composition of eucalyptus contributes to its action in different biological activities, such as phytotoxic, cytotoxic, insecticide, antimicrobial, antibacterial and medicinal. Thus, the objective of this work was to evaluate the yield and characterize the essential oils of *E. urophylla* and the hybrid *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, aiming to evaluate the genetic interference in these characteristics, as well as to indicate the species with higher yield. For this, leaves of both species were collected and their oils extracted by hydrodistillation in Clevenger apparatus and their constituents were identified by gas mass spectrometry and flame. The hybrid *E. urophylla* x *E. camaldulensis* essential oil yielded 0.77% and its compounds were eucalyptol (89.8%), terpineol (6.73%), α -pinene (1.9%) and linalol (1.4%). While *E. urophylla* yielded 0.20% and the identified compounds were: eucalyptol (87.9%), viridiflorol (5.1%), α -pinene (4.3%) and aromadendrene (2.6%). These results indicated a possible additive effect of the genes inherited by the hybrid, for these characteristics, being the hybrid essential oil yield superior to the parental one, demonstrating the greater potential of the hybrid for essential oil production / production and isolation of the majority compound.

Keywords: 1,8-cineole; Additive effect; Eucalyptol; Secondary metabolites; Volatile compounds.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais gêneros para a área florestal é o *Eucalyptus*, o qual possui origem australiana e pertencente à família das Myrtaceae. As pesquisas com eucalipto tiveram início em 1904 por Edmundo Navarro de Andrade para atender a demanda existente de madeira para construção de ferrovias (SAMPAIO, 1961). A busca por melhores propriedades químicas, físicas e mecânicas tem levado a produção de clones híbridos oriundos do cruzamento entre espécies (FERREIRA; SANTOS, 1997).

Devido ao seu rápido crescimento e sua plasticidade, bem como, por se adaptarem as condições edafoclimáticas do Brasil (STURION e BELLOTE, 2000; MARTINEZ et al., 2012), seu fuste é utilizado como uma estratégia para diminuir a pressão por matéria prima nas florestas nativas (CAMPINHO, 2001). O tronco fornece madeira para diferentes finalidades como energia, serraria e na produção de polpa de celulose (OLIVEIRA, 1997). Os resíduos da colheita florestal como galhos e folhas são deixados no solo na forma de ciclagem de nutrientes, retornando ao solo um teor aproximado de 65% de N, P, K, Ca e Mg (SANTANA et al., 2008).

A composição química do eucalipto contribui positivamente para sua ação em diferentes atividades biológicas. Dessa maneira, já foram descritas as atividades fitotóxica e citotóxica dos óleos essenciais de *E. grandis* e *E. citriodora* (ARAGÃO et al., 2015); a atividade inseticida de *E. camaldulensis* (ERLER et al., 2006), *E. globulus* (PAPACHRISTOS e STAMOPOULOS, 2002), *E. citriodora* (TINKEU et al., 2004); e a atividade antimicrobiana de *E. camaldulensis* (DHALIWAL et al., 2004; FALAHATI et al., 2005), *E. globulus* (OLUMA e GARBA, 2004; MOREIRA et al., 2005), *E. urograndis* (LIU et al., 2008), *E. saligna* e *E. robusta* (SARTORELLI et al., 2007); atividade antibacteriana de *E. citriodora*, *E. globulus* e *E. tereticornis* (RAMEZANI et al., 2002). Além disso, os óleos essenciais de diferentes espécies de *Eucalyptus* têm atividades medicinais, sendo aplicados para tratamento de problemas da saúde humana, como em infecções pulmonares e tuberculose (PEREIRA, 2010), bem como anti-inflamatório e analgésico (SILVA et al., 2003).

Um fator importante referente a esse gênero se relaciona à quantidade de variedades a ele pertencentes que são advindas de hibridização (SILVA et al., 2019). As quais podem ser destacadas a espécie *E. urograndis*, a qual é um híbrido das espécies *E. urophylla* e *E. grandis*, bem como, a espécie *E. urocam* (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*). A técnica de hibridização é utilizada visando o desenvolvimento de novos materiais genéticos, portadores de vantagens específicas presentes em cada um dos genótipos parentais (SILVA et al., 2018).

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento e caracterizar os óleos essenciais obtidos a partir de folhas de *E. urophylla* e de seu híbrido *E. urocam* (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*), visando avaliar a interferência genética nessas características, bem como, indicar a espécie que apresenta maior rendimento para utilização como produtora de óleo essencial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Folhas adultas de clones adultos de *E. urophylla* (parental) e do híbrido de *E. urophylla* x *E. camaldulensis* foram coletadas no horto florestal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo que está localizado na Rodovia ES 482, Km 43, sem número, tendo as coordenadas 20°47'43.7"S 41°24'20.9"W e seus respectivos óleos foram extraídos.

Primeiramente as folhas foram pesadas, trituradas com água destilada e colocadas no aparelho Clevenger para extração do óleo, a qual durou 4 horas e 30 minutos. Posteriormente, pesou-se o óleo obtido e identificou-se os seus constituintes a partir de cromatografia gasosa com espectrômetro de massas e de chamas (MENDES et al., 2018). Esse procedimento foi realizado uma vez isoladamente para ambas as espécies em estudo.

O rendimento de cada óleo essencial foi mensurado uma vez para cada espécie e expresso em porcentagem, sendo calculado comparando a quantidade (aproximadamente 300g), de folhas utilizadas para obtenção do óleo com a quantidade (em g) de óleo obtido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O óleo essencial do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* apresentou rendimento de 0,77%, enquanto o *E. urophylla* apresentou 0,20% por fração fresca de folha. Cimanga et al. (2002), estudou o óleo essencial de diferentes espécies de eucalipto e obteve um rendimento de 0,53% do óleo essencial de *E. urophylla*, utilizando o mesmo método de extração e comparando com o peso das folhas frescas. A variação encontrada pode ser decorrente das condições ambientais, idade da planta e da folha, fatores genéticos, bem como, método utilizado para extração e identificação do óleo (XAVIER, 1993).

Cimanga et al. (2002), também estudaram o óleo essencial de *E. camaldulensis* o outro progenitor do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*. Os dados obtidos demonstraram menor rendimento desse progenitor (0,30% de rendimento) quando comparado com o *E. urophylla* o qual apresentou como já relatado 0,53%. Uma vez que, a coleta dos indivíduos da atual pesquisa foi feita em mesmo local (mesma condição ambiental) e seguiu o mesmo padrão de tamanho e idade dos indivíduos e das folhas (minimizando as diferenças fisiológicas), pode se inferir que o rendimento do híbrido (0,77%), por ser superior ao dos parentais, decorre do efeito aditivo da combinação dos genes parentais, determinando em maior rendimento no óleo do híbrido.

Em relação à caracterização química dos óleos essenciais, observou-se quatro picos em cada óleo, permitindo a identificação de quatro compostos em cada (Figura 1). No óleo essencial de *E. urophylla* o composto majoritário foi o monoterpreno oxigenado eucaliptol com 87,9%, seguido pelo sesquiterpeno oxigenado viridiflorol (5,1%), hidrocarboneto monoterpreno α -pineno (4,3%) e hidrocarboneto sesquiterpeno aromadendreno (2,6%) (Tabela 1). O composto majoritário do óleo essencial do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* também foi o eucaliptol, com 89,8%, seguido pelo monoterpreno oxigenado terpineol (6,73%), α -pineno (1,9%) e monoterpreno oxigenado linalol (1,4%) (Tabela 1).

Figura 1. Picos dos compostos presentes nos óleos essenciais de *E. urophylla* (a) e do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* (b) obtidos por cromatografia gasosa com espectrômetro de massas

Tabela 6. Compostos presentes nos óleos essenciais de *E. urophylla* e do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*

Espécie	Nº do pico	Composto	Tempo de retenção	Área do pico (%)
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1	Alfa Pineno	8.3	4.3
	2	Eucaliptol	12.6	87.9*
	3	Aromadendreno	30.7	2.6
	4	Viridiflorol	27.1	5.1
Híbrido <i>E. Urophylla</i> x <i>e. Camaldulensis</i>	1	Alfa Pineno	8.3	1.9
	2	Eucaliptol	12.6	89.8*
	3	Linalol	19.9	1.4
	4	Terpineol	27.1	6.73

Nota: A coluna "nº do pico" relaciona os picos mostrados na figura 1 com os compostos que os mesmos representam. *Composto majoritário.

O eucaliptol foi identificado como componente majoritário do óleo do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*. Esse composto é descrito na literatura como o componente majoritário tanto do óleo essencial de *E. urophylla*, quanto de *E. camaldulensis*. Além disso, foi descrito a presença de α pineno, eucaliptol e terpineol em ambos os parentais (CIMANGA et al., 2002; PEREIRA, 2010). Enquanto a presença do linalol foi descrita por Cimanga et al. (2002) em *E. urophylla*.

O α pineno é um hidrocarboneto monoterpeneo presente em ambos os parentais. Segundo Pereira (2010), esse composto representava 1,7% do óleo de *E. camaldulensis* e 5,0% do óleo do *E. urophylla*. Dessa forma, a porcentagem de α pineno encontrada em *E. urophylla*, no presente estudo, se assemelha à encontrada por aquele autor. A porcentagem de α pineno encontrada no híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, no presente estudo, tem maior semelhança com a encontrada no parental *E. camaldulensis* por Pereira (2010).

Já o linalol foi descrito como parte da composição do óleo de *E. urophylla*, representando 2,5% da composição total do óleo (CIMANGA et al., 2002). Dessa maneira, observa-se uma diminuição na proporção observada no híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis*, quando comparado com o parental.

O terpineol foi descrito como parte dos óleos essenciais das espécies parentais (CIMANGA, et al., 2002; PEREIRA, 2010). Entretanto em proporções inferiores à encontrada no híbrido, no presente estudo, indicando a presença de efeito aditivo em sua produção.

4. CONCLUSÃO

O rendimento e a caracterização dos óleos essenciais de *E. urophylla* e do híbrido *E. urophylla* x *E. camaldulensis* indicaram efeito aditivo dos genes herdados, pelo híbrido, para tais características, sendo o rendimento do óleo essencial do híbrido superior ao dos parentais. Tal resultado demonstra o maior potencial da utilização do híbrido, quando comparado à seus parentais, para produção/obtenção de óleo essencial.

5. AGRADECIMENTOS

À FAPES, CNPq, UFES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, F. B.; ANDRADE-VIEIRA, L. F.; FERREIRA, A.; COSTA, A. V.; QUEIROZ, V. T.; PINHEIRO, P. F. Phytotoxic and cytotoxic effects of *Eucalyptus* essential oil on *Lactuca sativa* L. **Allelopathy Journal**, v. 35, p. 259-272, 2015.
- CAMPINHO, E. A. A importância da produção de madeira de Eucalipto, geneticamente melhorado, para os setores moveleiros e de construção civil: perspectivas e desafios. **Seminário madeira de eucalipto: tendências e usos**, Curitiba, p. 53-58, 2001.
- CIMANGA, K.; KAMBU, K.; TONA, L.; APERS, S.; DE BRUYNE, T.; HERMANS, N.; TOTTÉ J.; PIETERS, L.; VLIETINCK, A. J. Correlation between chemical composition and antibacterial activity of essential oils of some aromatic medicinal plants growing in the Democratic Republic of Congo. **Journal of ethnopharmacology**, v. 79, n. 2, p. 213-220, 2002.
- DHALIWAL, H. J. S.; THIND, T. S.; MOHAN, C. Relative activity of essential oils from plants against *Penicillium digitatum* causing post-harvest fruit rot of Kinnow mandarin. **Research in Plant Disease**, v. 19, p. 140-143, 2004.
- ERLER, F.; ULUG, I.; YALCINKAYA, B. Repellent activity of five essential oils against *Culex pipiens*. **Fitoterapia**, v. 77, n. 7-8, p. 491-494, 2006.
- FALAHATI, M.; OMIDI TABRIZI, N.; JAHANIANI, F. Anti dermatophyte activities of *Eucalyptus camaldulensis* in comparison with Griseofulvin. **Iranian Journal of Pharmacology and Therapeutics**, v. 4, n. 2, p. 80-0, 2005.
- FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. **Melhoramento genético florestal dos Eucaliptos no Brasil: breve histórico e perspectivas**. In: IUFRO. CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTS, Salvador, 1997. Proceedings. Colombo: Embrapa/CNPq, v.1, p.14-34, 1997.
- LIU, X.; CHEN, Q.; WANG, Z.; XIE, L.; XU, Z. Allelopathic effects of essential oil from *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla* on pathogenic fungi and pest insects. **Frontiers of Forestry in China**, v. 3, n. 2, p. 232-236, 2008.
- MARTINEZ, D. T.; HIGA, A. R.; LINGNAU, C.; SILVA, I. C. Escolha de espécies, planejamento e sistemas de produção para reflorestamento em pequenas propriedades no estado do Paraná. **Curitiba: FUPEF**, 2012.
- MENDES, L. A.; DE SOUZA, T. D. S.; MENINI, L.; GUILHEN, J. H. S.; DE OLIVEIRA, C. B.; FERREIRA, A.; DA SILVA FERREIRA, M. F. Spring alterations in the chromatographic profile of leaf essential oils of improved guava genotypes in Brazil. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 295-302, 2018.
- MOREIRA, M. R.; PONCE, A. G.; DEL VALLE, C. E.; ROURA, S. I. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. **LWT-Food Science and Technology**, v. 38, n. 5, p. 565-570, 2005.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 2v. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997
- OLUMA, H. O. A.; GARBA, I. U. Screening of *Eucalyptus globulus* and *Ocimum gratissimum* against *Pythium aphanidermatum*. **Nigerian Society for Plant Protection**, v. 21, p. 109-114, 2004.

PAPACHRISTOS, D. P.; STAMOPOULOS, D. C. Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say)(Coleoptera: Bruchidae).

Journal of stored products research, v. 38, n. 2, p. 117-128, 2002.

PEREIRA, J. L. **Composição química dos óleos essenciais de espécies de *Eucalyptus* L'Herit (Myrtaceae)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, 2010.

RAMEZANI, H.; SINGH, H. P.; BATISH, D. R.; KOHLI, R. K. Antifungal activity of the volatile oil of *Eucalyptus citriodora*. **Fitoterapia**, v. 73, n. 3, p. 261-262, 2002.

SAMPAIO, A. N. História. In: ANDRADE, E. N. O Eucalipto. 2ª ed. **São Paulo: Cia Paulista de Estradas de Ferro**, 1961. p. 58-64.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. D.; NOVAIS, R. F.; LEITE, H. G.; COMERFORD, N. B. Alocação de nutrientes em plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, 2008.

SARTORELLI, P.; MARQUIORETO, A. D.; AMARAL-BAROLI, A.; LIMA, M. E. L.; MORENO, P. R. H. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from two species of *Eucalyptus*. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 3, p. 231-233, 2007.

SILVA, J.; ABEBE, W.; SOUSA, S. M.; DUARTE, V. G.; MACHADO, M. I. L.; MATOS, F. J. A. Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. **Journal of ethnopharmacology**, v. 89, n. 2-3, p. 277-283, 2003.

SILVA, L. F. **Avaliação da aptidão da madeira de seis clones de híbridos de *Eucalyptus* para o processamento mecânico**. 2018. Jerônimo Monteiro: Universidade Federal do Espírito Santo, 2018. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2018.

SILVA, P. H. M.; MARCO, M.; ALVARES, C. A.; LEE, D.; MORAES, M. L. T. D.; PAULA, R. C. D. Selection of *Eucalyptus grandis* families across contrasting environmental conditions. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 1, p. 47-54, 2019.

STURION, J. A.; BELLOTE, A. F. J. Implantação de povoamentos florestais com espécies de rápido crescimento. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**, 2000.

TINKEU, L. S. N.; GOUDOUM, S. N.; NGASSOUM, A.; MAPONGMETSEM, M.B.; KOUNINKI, P. M.; HANCE, T. Persistence of the insecticidal activity of five essential oils on the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). **Communications in agricultural and applied biological sciences**, v. 69, n. 3, p. 145-147, 2004.

XAVIER, A. **Variabilidade genética de óleo essencial e de crescimento em progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus citriodora* Hook**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.

Capítulo 65

EFEITO AMBIENTAL SOBRE A PRODUÇÃO DO ÓLEO DAS FOLHAS DE *Eremanthus erythropappus*

Eduardo Cordeiro Ramalho¹, Antônio Henrique Cordeiro Ramalho²,
Fernanda Dalfior Maffioletti², Francielle Rodrigues de Oliveira²

¹Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Campus Salinas, Brasil

²Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: henriquecr2012@hotmail.com

Resumo: A espécie florestal *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish, popularmente conhecida como candeia, desenvolve-se em solos pedregosos e pobres, o que a torna uma excelente fonte de renda para os produtores com terras ociosas. Como essa é uma fonte alternativa de renda, todos os seus recursos devem ser estudados. Sendo assim, com o presente estudo objetivou-se a avaliação do efeito das variáveis ambientais no rendimento do óleo essencial das folhas da candeia em condições de floresta nativa. As variáveis de influência da produtividade da espécie analisadas foram: a altitude da região de origem da planta e as características dendrométricas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 2 tratamentos, sendo avaliados 2 ambientes de coleta, Divisa Alegre/MG e Rio Pardo de Minas/MG, com 4 árvores por local, totalizando 8 repetições. Foram avaliadas as massas de cada uma das amostras de óleo extraídas em comparação a massa de folhas usadas em cada repetição de extração. As árvores de Divisa Alegre apresentaram 12,2% a mais de rendimento que os indivíduos de Rio Pardo de Minas. O maior rendimento se deu em condições de altitude mais elevada, menores alturas totais das árvores e maiores diâmetros. Com esses resultados, os autores concluíram que a equação para estimar a produtividade em óleo pode ser usada com certa funcionalidade, porém não possui confiabilidade suficiente para fornecer dados com precisão requerida para esse fim, uma vez que a quantidade de amostras foi baixa.

Palavras chave: Candeia; sazonalidade; espécie nativa.

ENVIRONMENTAL EFFECT ON SHEET OIL PRODUCTION of *Eremanthus erythropappus*

Abstract: The *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish forest species, popularly known as candeia, thrives on stony, poor soils, making it an excellent source of income for idle farmers. As this is an alternative source of income, all of its resources must be studied. Thus, this study aimed to evaluate the effect of environmental variables on the essential oil yield of candeia leaves under native forest conditions. The variables of influence of the productivity of the species analyzed were: the altitude of the region of origin of the plant and the dendrometric characteristics. The experiment was conducted in a completely randomized design with 2 treatments, being evaluated 2 collection environments, Divisa Alegre / MG and Rio Pardo de Minas / MG, with 4 trees per site, totaling 8 replications. The masses of each of the extracted oil samples were evaluated against the leaf mass used in each extraction repetition. Divisa Alegre trees presented 12.2% more yield than individuals from Rio Pardo de Minas. The highest yield was in higher altitude conditions, lower total tree heights and larger diameters. With these results, the authors concluded that the equation to estimate oil productivity can be used with some functionality, but it does not have enough reliability to provide data with precision required for this purpose, since the amount of samples was low.

Keywords: Candeia, seasonality, native species.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma no Brasil, ocupando a região central do país abrangendo cerca de 22% do território nacional, possui grande diversidade biológica e uma ampla variedade de ambientes, além da elevada capacidade de absorção de carbono (FERREIRA, 2015). Este ainda é avaliado como a caixa d'água do país, por abrigar as nascentes de alguns dos principais rios brasileiros e sul americanos, além de ser uma importante região de recarga do Aquífero Guarani (GAMARRA et al., 2016). Sendo considerado como um hotspot pela ONG Conservation International, ou seja, um dos biomas mais ricos e ameaçados do planeta (MITTERMEIER et al. 2004).

O Cerrado possui a mais rica flora dentre as savanas do mundo, e as inúmeras populações que vivem nele sobrevivem de seus recursos naturais. Populações essas que abarcam etnias indígenas, comunidades quilombolas e outras populações tradicionais que fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro. Essas comunidades aproveitam os recursos do bioma geralmente de forma racional e equilibrada, sem prejudicar significativamente os ecossistemas, e detêm um amplo conhecimento tradicional da biodiversidade (MMA, 2004).

O potencial de uso extrativista do Cerrado é imenso, pois além de possuir grande riqueza de espécies, muitas delas possuem elevado potencial de uso (. Diante do exposto alguns autores notificaram um crescente interesse na extração de produtos florestais não-madeireiros (PFNM), estes representados pelos frutos, látex, sementes, cascas, folhas, óleos e etc, dentro do conceito de uso múltiplo (GAUOE; TICKTIN, 2007; NDANGALASI et al., 2007).

Uma espécie florestal que bem exemplifica tal conceito é a candeia (*Eremanthus erythropappus*), sendo utilizada predominantemente como mourão de cerca pela sua excelente durabilidade e também na extração de óleos essenciais, ricos em alfa-bisabolol, utilizado na fabricação de medicamentos e cosméticos, além de uso na profilaxia e cuidados da pele de bebês e adultos, entre outros.

A candeia é uma planta da família Asteraceae e pertence ao grupo ecológico das ecótonas, é uma espécie precursora de campo e se desenvolve rapidamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros. A sua maior ocorrência em território nacional é em Minas Gerais, prevalecente em locais montanhosos, pedregosos e com solo pobre, condições estas que não são empecilhos para o seu desenvolvimento (MORI, 2008).

Existe uma demanda pela espécie supracitada para a extração do seu óleo essencial, que se constitui na fundamental aplicação de sua madeira, tal óleo tem grande valor no mercado (GALDINO; GARCIA; SCOLFORO, 2006), devido ao seu potencial em apresentar propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas (SILVA, 2015). O óleo oriundo das folhas da candeia tem como principais constituintes o beta-pineno e beta-cariofileno, produtos com diversos usos dentro das indústrias farmacêuticas e de cosméticos, o que torna esses compostos mais uma fonte de renda para os produtores de óleo da espécie, além do já extraído da madeira. Contudo há ainda poucos estudos envolvendo esse ramo de exploração da espécie, principalmente no que diz respeito às condições ambientais que propiciam um maior rendimento quantitativo desse produto, o que torna a pesquisa realizada neste trabalho numa base para posteriores linhas de pesquisa sobre o tema.

Sendo assim, o objetivo com o presente estudo foi avaliar de forma quantitativa a produção de óleo essencial de candeia, tendo como variáveis as altitudes da região de origem da planta, assim como a influência das características dendrométricas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As folhas foram coletadas em árvores de candeia localizadas em 2 municípios, o primeiro foi Divisa Alegre/MG, o qual possui uma altitude média de 900m, e inserido no bioma de Mata Atlântica, o segundo foi Rio Pardo de Minas/MG (Figura 1), mais especificamente próximo a

Parque Nacional de Serra Nova, o qual possui uma altitude média de 858m e inserido nos bioma de Mata Atlântica e Cerrado do nordeste de Minas Gerais, ambos com um clima tropical de altitude (Cwa) pela classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 2 tratamentos e 4 repetições. Foi avaliada a quantidade do óleo extraído das folhas da candeia em uma classe de diâmetro entre 5,1 a 10 cm, medida à altura de 30cm do solo (DAS) como proposto no protocolo de amostragem de espécies arbustivas e arbóreas no Cerrado (FELFILI et al., 2005), e duas localidades, Divisa Alegre e Rio Pardo de Minas. Cada árvore foi considerada uma unidade experimental, sendo amostrados 8 indivíduos de candeia ao total.

A coleta foi realizada sempre no período da manhã, sendo os indivíduos arbóreos de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish escolhidos aleatoriamente dentro da classe de diâmetro avaliada. Foi adotada a metodologia de Dutra et al. (2011), onde faz-se a coleta de material foliar no terço inferior de cada árvore, que no caso do presente estudo foram coletados 1kg de folhas. Estas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas em seguida para o laboratório de Química do IFNMG campus Salinas, para dar início às extrações.

As plantas tiveram seu diâmetro medido a altura do solo (DAS) com o auxílio de uma suta, a altura total dos indivíduos foi medida com o auxílio de um hipsômetro. As altitudes do local de cada uma das árvores avaliadas estão descritas a seguir: Divisa Alegre, árvore 1 - 900 m, árvore 2 - 899 m, árvore 3 - 898 m, árvore 4 - 898 m; Rio Pardo de Minas, árvore 1 - 813 m, árvore 2 - 816 m, árvore 3 - 810 m, árvore 4 - 851 m.

A extração do óleo essencial (OE) foi feita pelo método de hidrodestilação. Para tanto o material foi colocado no aparelho de Clevenger e imerso em água, o qual foi aquecido. Para cada repetição foram utilizadas 200 g de folhas frescas de candeia, sendo a extração do óleo essencial realizada em triplicatas, durante um período de 6h cada, posteriormente permaneceu em estado de repouso para o resfriamento, condensação e separação de mistura. O OE foram secos com sulfato de sódio anidro e o rendimento calculado comparando-se a massa do óleo com a do material extraído. Foi avaliado o teor de óleo presente em cada uma das amostras submetidas a extração.

Os dados obtidos foram submetidos ao método estatístico ANOVA, à análise de variância para verificar a diferença entre tratamentos, e ao teste F para os materiais vegetais em diferentes localidades. As análises estatísticas foram efetuadas com a auxílio do *software* Excel. Foi

realizada a matriz de correlação de Pearson entre as variáveis DAS, altura, rendimento do óleo e altitude das localidades. Para obtenção do volume das árvores foi utilizada a Equação 1, obtida para árvores de candeia no Inventário Florestal de Minas Gerais (SCOLFORO et al., 2008).

$$\text{Ln}(V_{cc}) = -9,9469247 + 0,9997888 * \text{Ln}(DAP^2 * H) \quad (1)$$

Em que: $\text{Ln}(V_{cc})$ = Volume com casca; Ln = Logaritmo neperiano; DAP = Diâmetro à altura do peito (cm); e H = Altura (cm).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados dendrométricos (diâmetro a altura do peito, altura, área seccional, e volume), o rendimento do óleo e altitude média dos locais de coleta estão apresentados na Tabela 1. As árvores de Divisa Alegre apresentaram os maiores valores médios de DAP, área seccional e volume, porém a altura média foi inferior às árvores de Rio Pardo de Minas.

Tabela 1. Médias das variáveis dendrométricas, altitude e rendimento do óleo essencial das folhas de candeia em função da localidade

Local de coleta	DAP (cm)	Altura (cm)	g (cm ²)	Volume (m ³)	Altitude (m)	Rendimento (g kg ⁻¹)
DA	8,40	433,00	56,00	0,014	898,8	0,69
RPM	6,08	483,00	30,00	0,009	822,5	0,54
Média	7,24	458,00	43,00	0,01	860,65	0,61
p valor*	0,04	0,56	0,05	0,18	0,0002	0,07

Nota: * Valor de p de acordo com o teste T a 95% de probabilidade. DAP: Diâmetro à altura do peito; g: Área seccional.

A superioridade de 16% existente entre o DAP das árvores analisadas em Divisa Alegre em relação às de Rio Pardo do Minas e 76,3 m de altitude apresentaram uma relação direta com o rendimento do óleo essencial, que por sua vez apresentou-se 12,2% acima do rendimento dos indivíduos de RPM.

As alturas das árvores não foram influenciadas pela localidade, apesar de possuírem a mesma classe de diâmetro (5,1 a 10 cm). O rendimento do óleo teve influência das características ambientais dos locais avaliados, fatores que segundo Gobbo Neto e Lopes (2007) são o genético, ritmo circadiano, radiação ultravioleta, nutrição mineral, altitude, poluição atmosférica, indução por estímulos mecânicos e ataque de patógenos, sendo tal afirmação corroborada pelos cálculos estatísticos, onde o valor de p calculado foi de 7,2%.

As correlações entre as variáveis dendrométricas, a altitude e o rendimento do óleo das folhas de candeia são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Matriz de correlação entre diâmetro à altura do peito (DAP), altura total das árvores, altitude e rendimento do óleo essencial das folhas de candeia

	DAP	Altura	Altitude	Rendimento
DAP	1,00	-0,08	0,85*	0,51
Altura	-0,08	1,00	-0,16	-0,37
Altitude	0,85*	-0,16	1,00	0,55
Rendimento	0,51	-0,37	0,55	1,00

Nota: * Significativa a 95% de probabilidade.

Observou-se correlação positiva entre o rendimento do óleo com o DAP e altitude, ou seja, a medida em que se aumenta estas variáveis, aumenta-se também o rendimento do óleo, entretanto Altoé (2012), afirma que há um maior rendimento do óleo da madeira de candeia em locais com

menor altitude. Ainda segundo Scolforo et al. (2004), o rendimento de óleo essencial aumenta com o acréscimo em diâmetro, corroborando com os resultados encontrados durante o experimento. Já a correlação do rendimento com a altura foi negativa, isto indica uma tendência de as árvores mais baixas terem maior rendimento de óleo em comparação às mais altas. A relação entre diâmetro das árvores e o rendimento do óleo pode ser observada na Figura 2.

Figura 2. Relação entre diâmetro à altura do peito (DAP) e rendimento do óleo essencial das folhas de candeia

Apesar da correlação de 51%, o coeficiente de determinação foi baixo, indicando que outros fatores devem estar influenciando o rendimento do óleo das folhas de candeia. De acordo com os resultados, 27,56% da variação do rendimento do óleo pode ser explicada pela variação do diâmetro das árvores.

A equação para estimativa do óleo das folhas de candeia em função do diâmetro e altura das árvores obteve maior coeficiente de determinação se comparada com o diâmetro isolado. Os parâmetros do ajuste da equação estão relacionados na Tabela 4.

Tabela 4. Equação ajustada para o rendimento do óleo das folhas de candeia (R) em função do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total (H) das árvores

Equação	R ²	Erro padrão	CV (%)
$R = 0,0527336^{ns} + 0,033917^{ns} * DAP - 0,035521^{ns} * H$	0,3709	0,1124	19,63

Nota: R: Rendimento do óleo das folhas de candeia; DAP: Diâmetro à altura do peito; H: Altura total

Embora os coeficientes sendo não significativos a 5% de probabilidade, a equação ressalta a relação positiva entre o rendimento do óleo e o diâmetro e negativa com a altura. Seriam necessários mais indivíduos para ajustar uma equação mais consistente do rendimento em função de DAP e altura.

4. CONCLUSÃO

O maior rendimento se deu em condições de altitude mais elevada, menores alturas totais das árvores e maiores diâmetros, correspondentes a Divisa Alegre; A equação para estimar a produtividade em óleo pode ser usada com certa funcionalidade, porém não possui confiabilidade suficiente para fornecer dados com precisão requerida para esse fim, uma vez que a quantidade de amostras foi baixa. Ao realizar este trabalho foi verificado que os efeitos relacionados à

produtividade do óleo extraídos das folhas de candeia são limitados, fazendo necessárias pesquisas com essa temática.

5. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são direcionados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à pesquisa do Espírito Santo (FAPES) que atuaram como instituições de apoio às pesquisas realizadas no presente estudo.

REFERÊNCIAS

ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) na produção e qualidade de óleo essencial**. 2012. 153f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2012.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, 2013.

DUTRA, R. C.; FERRAZ, S. O.; PIMENTA, D. S.; SOUSA, O. V. Caracterização morfoanatômica das folhas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, Asteraceae. **Rev. Bras. Farmacogn.**, v. 20, n. 6, p. 818 – 824, 2011.

FELFILI, J. M.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; MACHADO, J. W. B.; WALTER, B. M. T.; SILVA, P. E. N.; HAY, J. D. Análise comparativa da florística e fitossociologia da vegetação arbórea do cerrado sensu stricto na Chapada Pratinha, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 6, n. 2, p. 27-46, 1992.

FERREIRA, D. A. **Concentração de Macronutrientes em áreas úmidas de chapada no município de Uberlândia/MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de geografia – Universidade Federal de Uberlândia, 2015.

GALDINO, A. P. P.; BRITO, J. O.; SCOLFORO, J. R. Estudo do rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* spp.) e a influência das diferentes origens comerciais da sua madeira. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

GAMARRA, R. M.; FERREIRA, T. S.; ROCHE, K. F.; MATOS FILHO, H. J. S.; CATALANI, T. G. T.; PAGOTTO, T. C. S.; PARANHOS FILHO, A. C. Análise das Mudanças da Cobertura do Solo de uma Área de Cerrado (Savana Tropical) no Centro-Oeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, V. 39, n. 1, p. 76-90, 2016.

GAOUE, O.G.; TICKTIN, T. Patterns of harvesting foliage and bark from the multipurpose tree *Khaya senegalensis* in Benin: Variation across ecological regions and its impacts on population structure. **Biological Conservation**, v. 37, p. 424-436, 2007.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, 2007.

MITTERMEIER, R. A.; ROBLES, G. P.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOREUX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX/Agrupación Sierra Madre, Mexico City. 392p. 2004.

MMA. 2004. **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado**. Núcleo dos Biomas Cerrado e Pantanal. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas.

MORI, C. L. S. de O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Caracterização Anatômica, Química e Física da madeira de Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, 2010.

NDANGALASI, H.J.; BITARIHO, R. B.; DOVITEC, D.B.K. Harvesting of non-timber forest products and implications for conservation in two montane forests of East Africa. **Biological Conservation**, v. 132, n. 2, 2007.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, 2004.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **O manejo da candeia nativa**. Lavras: UFLA, 2008.

SILVA, M. M. **Torrefação de biomassa residual proveniente da extração de óleo essencial de candeia**. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Federal do Paraná, 2015.

Capítulo 66

ALTERAÇÃO DA COR DE DUAS ESPÉCIES DE BAMBU POR TRATAMENTO TÉRMICO

*Daiana Souza de Jesus¹, Mayra Ferreira Alves de Oliveira Mbamu¹,
Alexandre Miguel do Nascimento¹, Rosilei Aparecida Garcia¹,
Aécio Dantas de Souza Junior¹*

¹ Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

Autor correspondente: daysouza9@hotmail.com

Resumo: O tratamento térmico propicia melhoria na estabilidade dimensional e resistência a biodegradação do bambu, entretanto, também ocasiona alteração na cor do material criando diferentes padrões. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento térmico na alteração da cor em duas espécies de bambu *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides*. O tratamento foi realizado em diferentes condições de temperatura (160, 180 e 200 °C) e tempo (15, 30 e 45 min). As análises colorimétricas foram realizadas com espectrofotômetro portátil em espaço de cor CIE-L*a*b*. Após o tratamento, as duas espécies apresentaram perda de luminosidade, tornando-se mais escuras, o que se mostrou mais acentuado para o tratamento a 200°C. As duas espécies apresentaram comportamentos diferentes para as coordenadas a* e b*, tanto em função do tempo, quanto em função da temperatura de tratamento térmico.

Palavras chave: Modificação térmica; Colorimetria; *Phyllostachys aurea*; *Bambusa tuldooides*.

COLOR CHANGE OF TWO BAMBOO SPECIES BY HEAT TREATMENT

Abstract: The heat treatment provides improved dimensional stability and resistance to biodegradation of bamboo, however, also causes changes in the color of the material creating different patterns. The aim of this study was to evaluate the effect of heat treatment on color change in two species of bamboo *Phyllostachys aurea* and *Bambusa tuldooides*. The treatment was performed under different conditions of temperature (160, 180 and 200°C) and time (15, 30 and 45 minutes). Colorimetric analyzes were performed with a portable CIE-L * a * b * color spectrophotometer. After treatment, the two species showed loss of light, becoming darker, which was more pronounced for treatment at 200 ° C. The two species showed different behaviors for the coordinates a * and b *, both as a function of time and heat treatment temperature.

Keywords: Thermal modification; Colorimetry; *Phyllostachys aurea*; *Bambusa tuldooides*.

1. INTRODUÇÃO

O bambu é um recurso florestal que apresenta desenvolvimento excepcional, podendo ser utilizado na indústria da construção por apresentar propriedades físico-mecânicas adequadas, quando respeitadas suas melhores orientações estruturais, e alta durabilidade, quando tratado com substâncias químicas preservativas ou à altas temperaturas, podendo ser uma alternativa interessante à madeira nativa, ao concreto e ao aço (AZZINI et al, 1997).

O tratamento térmico é um tratamento em que o calor é aplicado à madeira e outros materiais lignocelulósicos visando alterar sua composição física e química, a qual, por sua vez, melhora algumas propriedades do material, principalmente no aumento da durabilidade natural e redução da instabilidade dimensional (GUNDUZ et al., 2010).

O principal objetivo do tratamento térmico é a melhoria da estabilidade dimensional e da resistência ao ataque de agentes biológicos, entretanto o tratamento também possibilita a alteração da cor do material, a qual pode ser controlada para a criação de novos padrões (LOPES et al., 2014). De acordo com vários autores (BEKHTA & NIEMZ, 2003; SEHLSTEDT-PERSSON, 2005; ESTEVES et al., 2008), a alteração da cor original do material lignocelulósico após o tratamento térmico pode ser causada por: 1) formação de produtos oxidativos (por exemplo, quinonas) e produtos da degradação das hemiceluloses e da lignina, os quais migram às superfícies da madeira; 2) remoção ou migração dos extrativos e compostos nutritivos, tais como açúcares de baixo peso molecular e aminoácidos, em direção às superfícies da madeira; 3) aumento no teor de lignina.

A maioria dos estudos relacionados à alteração da cor do material após o tratamento térmico está relacionado à madeira, sendo poucos os trabalhos que abordam a alteração da cor do bambu. Entretanto, segundo os resultados obtidos por Beraldo et al. (2009), o bambu apresenta um comportamento similar à madeira, ou seja, um escurecimento crescente com o aumento da temperatura. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tratamento térmico na alteração da cor em duas espécies de bambu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material e Tratamento Térmico

Foram coletados 50 colmos maduros, de duas espécies de bambu *Phyllostachys aurea* Rivière & C. Rivière e *Bambusa tuldoidea* Munro. As duas espécies foram coletadas dentro da área experimental da EMBRAPA Agrobiologia, localizada no município de Seropédica, RJ. Após a coleta, os colmos foram seccionados em seções de aproximadamente 50 cm de comprimento, oriundas da região mediana dos mesmos. De cada seção foi retirada o diafragma (membrana impermeável que delimita os nós e entrenós) para facilitar a secagem em câmara climática a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa (UR).

O tratamento térmico dos bambus foi realizado em um forno mufla elétrico laboratorial, com dimensões internas de 600 x 600 x 700 mm e equipado com sistema de controle de temperatura e tempo. O tratamento foi realizado em quatro etapas: 1) aquecimento do material até 100°C durante 60 minutos; 2) aumento até a temperatura desejada (160 , 180 ou 200°C) durante 60 minutos; 3) tempo de permanência na temperatura de tratamento (15, 30 e 45 minutos); e 4) resfriamento do material. Após o tratamento, as amostras foram reacondicionadas em câmara climática até atingir o teor de umidade de equilíbrio e utilizadas para a análise colorimétrica.

2.2 Análises colorimétricas

As análises colorimétricas foram realizadas de acordo com a *Comission International de L'Eclairage* - CIE (1976), no espaço de cor CIE- $L^*a^*b^*$. Esse sistema é caracterizado por três coordenadas (L^* , a^* e b^*) dispostas em um espaço tridimensional. O eixo L^* representa a luminosidade, o qual varia de zero (preto) a 100 (branco). O eixo vermelho/verde, definido pela variável a^* , mostra que se o valor é positivo, trata-se do matiz vermelho e se for negativo, verde. Da mesma forma, a variável b^* define o eixo amarelo/ azul, sendo o valor positivo representante do matiz amarelo e negativo o matiz azul (KONICA MINOLTA, 1998).

As coordenadas L^* , a^* e b^* foram obtidas com espectrofotômetro portátil com um diâmetro de abertura de 3 mm (SAV). Utilizou-se o iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e luz especular incluída. Para efetuar as medições, o aparelho foi calibrado com o padrão preto e branco, e para a calibração do branco, utilizou-se a placa CM-A145. As medições de cor foram realizadas a partir do contato direto do equipamento com a superfície das amostras. Foram realizadas 10 medições em regiões distintas de cada amostra.

Os dados coletados pelo espectrofotômetro foram então transferidos para o software SpectraMagic™ NX (CM-S100w), versão 1.9, e exportados para o software Microsoft Office EXCEL, versão 2013.

2.3 Análises estatísticas

Foi adotado, para cada espécie, um experimento fatorial com dois fatores: temperatura (160, 180 e 200°C) e tempo (15, 30 e 45 minutos). A testemunha, quando considerada para efeito de comparação tornou o delineamento um fatorial desbalanceado.

Quando as variáveis dependentes apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, foi aplicada a análise de variância (Anova), num delineamento experimental fatorial desbalanceado com cinco repetições, resultando em 10 tratamentos. Quando os pressupostos do campo paramétrico não foram atendidos, foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. As comparações entre as médias, quando pertinentes, foram feitas pelo teste de Tukey, no campo paramétrico e pelo de Bonferroni, no campo não paramétrico, a 5% de significância. Transformações de variável ($\log_{10}$) permitiram a normalização de algumas variáveis e deste modo à aplicação de Anova.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Variação da cor no bambu: coordenada L^*

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da coordenada L^* (luminosidade) para as espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico. A coordenada L^* apresentou diferenças significativas após os tratamentos térmicos. Considerando ao fator tempo para a espécie *Phyllostachys aurea*, a luminosidade do controle mostrou-se diferente dos tempos de tratamento, entretanto, nenhuma diferença foi observada entre os tempos de tratamento térmico.

Para a espécie *Bambusa tuldooides*, além da diferença entre o controle e os tempos de tratamento, o tempo de 45 minutos apresentou o menor resultado para a coordenada L^* . Notou-se que à medida que o tratamento se tornou mais agressivo, os valores de L^* tornaram-se menores, ocorrendo assim maior perda de luminosidade e tornando o bambu mais escuro. Observa-se ainda na Tabela 1 que o efeito do tempo foi mais marcante para a espécie *Bambusa tuldooides*, uma vez que aparecem três níveis diferentes de luminosidade.

Além disso, observou-se que a espécie *Bambusa tuldooides* apresentou valores maiores para L^* quando comparada à espécie *Phyllostachys aurea*, indicando que essa última apresenta mais luminosidade, visto que quanto menor o valor, mais claro será o material avaliado (Figura 1).

Tabela 1. Resultados obtidos para a coordenada L^* das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico

	Tempo de tratamento (minutos)			
	Testemunha	15	30	45
L^* P. aurea	52,50 a (474,64)	35,35 b (247,18)	33,77 b (215,11)	33,83 b (214,49)
L^* B. tuldooides	58,39 a (442,69)	45,79 b (273,45)	42,53 b (231,55)	39,15 c (182,44)
	Temperatura de tratamento ($^{\circ}\text{C}$)			
	Testemunha	160	180	200
L^* P. aurea	52,50 a (474,64)	42,06 b (374,33)	34,64 c (225,76)	26,34 d (76,69)
L^* B. tuldooides	58,39 a (442,69)	52,53 b (365,26)	43,16 c (238,65)	31,79 d (83,53)

Nota: L^* : luminosidade. Os valores entre parênteses referem-se as médias dos postos ordenados pelo método não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Médias com a mesma letra são estatisticamente iguais entre si segundo o teste de Kruskal-Wallis, a 95% de probabilidade.

Considerando o fator temperatura, para ambas as espécies, foram observados quatro níveis para a coordenada L^* (Tabela 1). Os valores da espécie *Bambusa tuldooides* são superiores aos da *Phyllostachys aurea*. O efeito da temperatura pode ser nitidamente observado com a elevação da temperatura. Nota-se que para a temperatura de 200°C tem-se os menores valores de L^* , indicando o escurecimento do material (Figura 1). Poucos estudos foram realizados sobre a colorimetria de espécies de bambu. Entretanto, Manalo & Acda (2009) estudaram o efeito da temperatura e da duração do tratamento térmico na cor de três espécies de bambu filipino (*Bambusa blumeana*, *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus asper*). Os autores observaram que o tratamento térmico alterou a cor original do bambu para marrom e marrom escuro quando tratados a 160 e 200°C , respectivamente.

A cor da epiderme também mudou de amarelo para marrom claro e marrom escuro a temperaturas de 160 e 200°C , respectivamente. Embora o resultado visual tenha sido uma aparência mais escura, a mudança da cor foi uniforme em todas as amostras.

Beraldo et al. (2009) também relatam a alteração da cor do bambu modificado termicamente. Esses autores estudaram o efeito do tratamento térmico sob diferentes temperaturas e mostraram que à 140°C a cor não é alterada quando comparado ao controle. A coordenada L^* foi de 76,35 e 75,16 para o controle e a temperatura de 140°C , respectivamente. Assim, em termo de característica de cor, o bambu tratado termicamente pode substituir várias madeiras tropicais. Por outro lado, o bambu tratado à 300°C mostra uma deformação excessiva e uma cor escura como carvão, denotando uma temperatura inadequada para possíveis aplicações do bambu termicamente tratado.

3.2 Variação da cor no bambu: Coordenada a^*

Na Tabela 2 constam os resultados obtidos para a coordenada a^* das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico. A coordenada a^* representa o eixo cromático verde-vermelho, sendo a tonalidade verde para os valores negativos e vermelho para os positivos. Desta forma, observa-se que as espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* apresentam antes do tratamento térmico, tonalidades vermelha e verde, respectivamente (Figura 1). Entretanto, após os tratamentos térmicos, ambas apresentaram tonalidade vermelha.

Tabela 2. Resultados obtidos para a coordenada a* das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoidea* em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico

	Tempo de tratamento (minutos)			
	Testemunha	15	30	45
a*P. aurea	3,61 b (62,17)	9,63 a (272,07)	9,67 a (269,28)	9,53 a (272,95)
a*B. tuldoidea	-1,64 c (50,57)	4,93 b (203,49)	8,65 a (319,73)	8,33 a (294,92)
	Temperatura de tratamento (°C)			
	Testemunha	160	180	200
a*P. aurea	3,61 c (62,17)	11,42 b (322,76)	12,55 a (375,41)	5,16 c (116,10)
a*B. tuldoidea	-1,64 d (50,57)	4,48 c (182,78)	9,34 a (357,16)	8,10 b (278,20)

Nota: a*: variável cromática no eixo verde-vermelho. Os valores entre parênteses referem-se às médias dos postos ordenados pelo método não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Médias com a mesma letra são estatisticamente iguais entre si segundo o teste de Kruskal-Wallis, à 95% de probabilidade.

Observa-se para a espécie *Phyllostachys aurea* que o controle diferencia-se significativamente dos demais tempos e que não há diferença entre os tempos de tratamento térmico, indicando que os tempos estudados não influenciam na alteração da tonalidade vermelha do bambu termicamente tratado.

Para o fator temperatura, a espécie *Phyllostachys aurea* apresentou um comportamento diferente para a coordenada a*, a qual apresentou diferenças significativas entre o controle e as temperaturas de 160 e 180°C, as quais são diferentes entre si e do tratamento à 200°C.

Para a espécie *Bambusa tuldoidea*, a coordenada a* apresentou diferenças significativas entre o controle de os demais tempos de tratamento, e o tempo de 15 minutos diferenciou-se estatisticamente dos tempos de 30 e 45 minutos. O controle destacou-se por apresentar resultado negativo para a coordenada a*, indicando que o material apresentou coloração esverdeada.

Considerando o fator temperatura para a espécie *Bambusa tuldoidea*, a coordenada a* apresentou diferença estatística entre o controle e todas as temperaturas de tratamento térmico. Destaque deve ser dado à temperatura de 180°C que apresentou o maior valor de a* para ambas espécies, indicando uma maior tonalidade vermelhada. As variações observadas no pigmento vermelho se devem provavelmente às alterações no teor de extrativos com a degradação dos carboidratos após o tratamento térmico.

3.1.3 Coordenada b*

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para a coordenada b* das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoidea* em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico. Para a espécie *Phyllostachys aurea*, observou-se diferenças estatísticas entre a testemunha e os tempos de tratamento. A testemunha apresentou o maior valor para a coordenada b* (24,16), indicando uma tonalidade amarela mais acentuada. Esse valor foi seguido pelos tempos de 15, 30 e 45 minutos com valores médios de 16,76, 14,66 e 14,64, respectivamente. Os resultados encontrados para o controle e para as temperaturas de 160, 180 e 200°C foram de 24,16, 25,28, 16,93 e 3,85 respectivamente. Observou-se diferenças significativas entre o controle e as temperaturas de 180 e 200°C enquanto o controle e a temperatura de 160°C foram iguais entre si. A coordenada b* diferenciou-se entre as três temperaturas, mostrando um decréscimo na tonalidade amarela com o aumento da temperatura.

Tabela 3. Resultados obtidos para a coordenada b* das espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoidea* em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico

	Tempo de tratamento (minutos)			
	Testemunha	15	30	45
b*P. aurea	24,16 a (376,38)	16,76 b (263,79)	14,66 bc (227,93)	14,64 c (217,76)
b*B. tuldoidea	21,13 ab (270,40)	18,97 ab (241,62)	20,75 a (281,21)	17,49 b (222,03)
	Temperatura de tratamento (°C)			
	Testemunha	160	180	200
b*P. aurea	24,16 a (376,38)	25,28 a (401,34)	16,93 b (232,05)	3,85 c (76,15)
b*B. tuldoidea	21,13 b (270,40)	24,53 a (362,82)	21,81 b (293,76)	10,86 c (88,28)

Nota: b*: variável cromática no eixo azul-amarelo. Os valores entre parênteses referem-se às médias dos postos ordenados pelo método não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Médias com a mesma letra são estatisticamente iguais entre si segundo o teste de Kruskal-Wallis, à 95% de probabilidade.

Quanto aos resultados da coordenada b* para a espécie *Bambusa tuldoidea*, considerando o fator tempo, foram encontrados valores médios de 21,13, 18,97, 20,75 e 17,40 para a testemunha e os tempos de 15, 30 e 45 minutos, respectivamente. Destaque deve ser dado para os tempos 30 e 45 minutos que se apresentaram estatisticamente diferentes entre si e iguais aos demais tempos.

Considerando o fator temperatura para a espécie *Bambusa tuldoidea*, a testemunha e as temperaturas de 160, 180 e 200°C apresentaram valores médios de 21,13, 24,53, 21,81 e 10,86, respectivamente. Entretanto, foram observadas diferenças estatísticas somente entre a testemunha e as temperaturas de 160 e 200°C, sendo o controle igual à temperatura de 180°C.

A Figura 1 apresenta a alteração da cor do bambu para as espécies *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldoidea*, em função do tempo e da temperatura de tratamento térmico. A cor do bambu de ambas as espécies foi nitidamente alterada após os tratamentos térmicos.

Camargos (1999) propôs uma tabela para descrever as cores de madeiras. Desta forma, tal a classificação foi utilizada para descrever as cores das espécies de bambu antes e depois dos tratamentos térmicos. Para a espécie *Phyllostachys aurea*, foram encontradas as seguintes cores: oliva-claro para o controle, amarelo-amarronzado para os tratamentos a 160°C e marrom-escuro para os tratamentos a 180°C. Para o tratamento a 200°C, nota-se um escurecimento crescente com o tempo de tratamento térmico, obtendo-se uma cor preta para a condição mais severa (200°C por 45 minutos) (Figura 1).

Para a espécie *Bambusa tuldoidea*, foram observados quatro padrões de cor: oliva-claro para o controle, oliva para os tratamentos à 160°C, marrom-oliva para os tratamentos à 180°C e marrom-arroxeadado para o tratamento à 200°C (Figura 1).

Foi possível notar que a superfície das amostras da espécie *Phyllostachys aurea* apresentaram brilho após os tratamentos térmicos, o mesmo não ocorreu para a espécie *Bambusa tuldoidea*, a qual apresentou uma superfície fosca.

Figura 1. Alteração da cor da espécie *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* para as diferentes condições de tempo e temperatura de tratamento térmico

<i>Phyllostachys aurea</i>				<i>Bambusa tuldooides</i>

	160°C/1 5 min	180°C/1 5 min	200°C/1 5 min		160°C/1 5 min	180°C/1 5 min	200°C/1 5 min

Testemunha	160°C/3 0 min	180°C/3 0 min	200°C/3 0 min	Testemunha	160°C/3 0 min	180°C/3 0 min	200°C/3 0 min

	160°C/4 5 min	180°C/4 5 min	200°C/4 5 min		160°C/4 5 min	180°C/4 5 min	200°C/4 5 min

4. CONCLUSÃO

A cor das duas espécies, *Phyllostachys aurea* e *Bambusa tuldooides* foi escurecida após os tratamentos térmicos, evidenciando perda de luminosidade e criando diferentes padrões de cor. Ambas apresentaram, após os tratamentos térmicos a tonalidade vermelha.

Para ambas as espécies, a coordenada b^* diferenciou-se entre as três temperaturas, mostrando um decréscimo na tonalidade amarela com o aumento da temperatura.

O tratamento térmico do bambu proporciona escurecimento e uniformidade da cor, que são características esteticamente apreciadas para setores de utilização dos mesmos, como a movelaria.

REFERÊNCIAS

AZZINI, A., SANTOS, R.L. PETTINELLI JÚNIOR, A. BAMBU: **Material alternativo para construções rurais**. Campinas, SP, Instituto Agrônomo de Campinas, Boletim Técnico, n. 171, p. 1-18, 1997.

BEKHTA, P.; NIEMZ, P. Effect of high temperature on change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce. **Holzforschung**, v. 57(5), p. 539- 546, 2003.

BERALDO, A. L.; COLLA, W. A.; BRITO, J. O. Properties evaluation of *Dendrocalamus giganteus* treated by heat. In: VIII WORLD BAMBOO CONGRESS PROCEEDINGS, 2009, Tailândia. **Proceedings...** Tailândia, v. 9, p. 36-45, 2009.

CAMARGOS, J.A.A. **Colorimetria quantitativa aplicada na elaboração de um catálogo de cores de madeiras tropicais**. 1999. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Esteves B, Domingos I, Pereira H. Pine wood modification by heat treatment in air. **BioResources**, v 3(1), p. 142-154, 2008.

GUNDUZ, G. A.; AYDEMIR, D.; KORKUT, S. The Effect of Heat Treatment on Some Mechanical Properties and Color Changes of Uludag Fir Wood. **Drying Technology**, v. 28, n. 2, p. 249–255, 2010.

LOPES, J. O. et al. Alteração da cor da madeira de teca por tratamento térmico. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p.521-534, 21 out. 2014.

MANALO, R. D.; ACDA, M. N. Effects of hot oil treatment on physical and mechanical properties of three species of philippine bamboo. **Journal of Tropical Forest Science**, n. 21, v. 1, p. 19-24, 2009.

SEHLSTEDT-PERSSON, M. **Properties of solid wood: responses to drying and heat treatment** [tese]. Skellefteå: Luleå University of Technology; 2005.

Capítulo 67

O PAPEL DO FUSTE DE EUCALIPTO COMO SUMIDOURO DE CARBONO

Eduardo Selestrino¹, Jean Carlos Lopes de Oliveira¹, Ana Paula Câmara¹,
Maria Naruna Félix de Almeida¹, Graziela Baptista Vidaurre¹, Fernando Palha Leite²

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Companhia Celulose Nipo-Brasileira S/A, Brasil

Autor correspondente: selestrino.eduardo@gmail.com

Resumo: As mudanças climáticas são potencializadas pelo aumento da concentração de dióxido de carbono, cujos danos são irreversíveis por 1.000 anos, após a parada das emissões. Acredita-se que a biosfera terrestre tenha provido um sumidouro líquido de aproximadamente 20% do dióxido de carbono emitido nas últimas três décadas, com a maioria estimada em florestas. Neste contexto, sete clones de eucalipto com sete repetições estabelecidos em dois sítios de Minas Gerais, Belo Oriente e Guanhães, cultivados em espaçamento 3 x 3 m por 6 anos, foram analisados para quantificar o consumo de CO₂ do fuste e, consequentemente do total da parte aérea da árvore. Para isso, as amostragens das árvores foram feitas por discos nas posições: 0%, DAP, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, obtendo valores de volume e densidade básica da madeira, biomassa, teor de carbono e da absorção de dióxido de carbono. O sítio de Belo Oriente promoveu absorções mais homogêneas, com maior valor de absorção pelo *E. urophylla* x *sp* de 156,80 kg e o menor pelo *E. urophylla* x *globulus*, 100,95 kg. Guanhães promoveu maior amplitude nos valores de absorção de cada clone, com o *E. urophylla* x *sp* com o maior valor médio de 179,11 kg e o *E. saligna* com o menor valor médio de 93,84 kg de dióxido de carbono absorvidos nos 6 primeiros anos de crescimento. De acordo com as estimativas realizadas no trabalho, o eucalipto absorve 180,32 toneladas de dióxido de carbono por hectare.

Palavras chave: Atmosfera; Dióxido de carbono; Emissão de CO₂; *Eucalyptus*.

THE ROLE OF EUCALYPTUS FUSTE AS CARBON SINKS

Abstract: Climate change is enhanced by the increase in carbon dioxide concentration, the damage of which is irreversible for 1,000 years after emissions stop. The terrestrial biosphere is believed to have provided a net sink of approximately 20% of the carbon dioxide emitted in the last three decades, with the majority estimated in forests. In this context, seven eucalyptus clones with seven replications established at two sites of state Minas Gerais, Belo Oriente and Guanhães, cultivated in spacing 3 x 3 m for 6 years, were analyzed to quantify the stem's CO₂ consumption and, consequently, the total aerial part of the tree. For this, the trees were sampled by disks in the positions: 0%, DBH, 25%, 50%, 75% and 100% of commercial height, obtaining values of volume and basic wood density, biomass, carbon content and of carbon dioxide absorption. The Belo Oriente site promoted more homogeneous absorption, with the highest absorption value by *E. urophylla* x *sp* of 156.80 kg and the lowest by *E. urophylla* x *E. globulus*, 100.95 kg. Guanhães promoted greater amplitude in the absorption values of each clone, with *E. urophylla* x *sp* with the highest average value of 179.11 kg and *E. saligna* with the lowest average value of 93.84 kg of carbon dioxide absorbed in the clones, in first 6 years of growth. According to estimates made in this paper, eucalyptus absorbs 180.32 tons of carbon dioxide per hectare.

Keywords: Atmosphere; Carbon dioxide; CO₂ emission; *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

A emissão do dióxido de carbono (CO₂) é pauta de discussões em congressos, conferências e outras divisões. Atualmente, as empresas buscam a sustentabilidade por meio de iniciativas ecológicas de preservação para reverter, evitar e mitigar a emissão desse gás. O CO₂ é um dos gases existentes na atmosfera responsáveis pela retenção do calor da radiação solar, apesar de ser um gás necessário para a sobrevivência dos seres humanos, o acúmulo tende a agravar o efeito estufa (MMA, 2012). De acordo com o relatório “[Greenhouse Gas Bulletin](#)”, publicado pela Organização Meteorológica Mundial (2018), houve aumento na média anual de dióxido de carbono, o que corresponde a 405,5 ± 0,1 ppm (WMO, 2018).

As florestas têm papel fundamental no sistema cíclico do carbono, pois o utiliza em processos metabólicos, sendo também chamadas de sumidouros de dióxido de carbono. Através da assimilação pela fotossíntese as árvores absorvem o CO₂, e com a energia solar, sintetizam-no e fixam em sua estrutura (PLAIN et al., 2009), por isso a madeira é constituída, em grande parte por carbono, cerca de 45 à 50% (ZOBEL; VAN BUIJTENEN, 1989).

O Brasil possui 7,84 milhões de hectares de florestas plantadas, que foram responsáveis pelo estoque de aproximadamente 1,7 bilhão de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Deste total de área, o eucalipto é o mais plantado, com 72%, cujo valor absoluto é de 5,67 milhões de hectares (IBÁ, 2017), ou seja, os plantios deste gênero possuem intensa representatividade do total de CO₂ fixado. Esse trabalho teve como objetivo quantificar o consumo de CO₂ do fuste e, consequentemente do total da parte aérea da árvore do gênero *Eucalyptus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Origem e seleção das árvores

O material foi coletado em dois plantios experimentais, localizados em Belo Oriente e Guanhães, ambos municípios de Minas Gerais (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis meteorológicas dos dois sítios no período de cultivo dos clones de *Eucalyptus* (janeiro/2012 a julho/2018)

Variáveis meteorológicas	Belo Oriente	Guanhães
Altitude (m)	243	873
Temperatura média (°C)	22,7	20,7
Precipitação (mm.ano-1)	1022	952
Déficit hídrico (mm.ano-1)	290	215

Foram coletados de cada sítio, sete clones de *Eucalyptus* (C1-*E. urophylla* x sp; C2-*E. grandis* x *urophylla*; C3- *E. urophylla*; C4- *E. urophylla*; C5- *E. saligna*; C6- *E. urophylla* x *E. globulus*; C7- *E. grandis* x sp.) cultivados por seis anos (2012 a 2018) em espaçamento 3 x 3 metros. Os clones de eucalipto foram escolhidos com base na representatividade dos materiais genéticos nos plantios brasileiros. Os materiais foram amostrados por classe diamétrica, sendo 1 árvore coletada de cada classe, num total de 7 classes por sítio/clone. Quarenta e nove árvores (7 clones x 7 repetições) por sítio e 98 árvores (2 sítios) foram analisadas.

As árvores foram seccionadas em discos, livres de defeitos, por seis posições diferentes, a 0%, DAP (1,30m de altura do solo), 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial.

2.2. Análise do fuste com e sem casca

Foram realizadas medições da circunferência, com fita métrica, nos discos com e sem a casca. Para a obtenção do volume, foi utilizado o método de Smalian, considerando a altura comercial de cada árvore, para cálculo de volume das seções e total do fuste. O volume total da casca foi obtida pela diferença dos volumes com e sem casca.

A densidade da casca e da madeira foi calculada através do método de imersão, descrita na NBR 11491 (ABNT, 2003), que consiste na relação da massa seca em estufa a $(105 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ pelo respectivo volume deslocado da massa saturada na imersão. De posse dos dados de volume e densidade, da casca e do lenho, calculou-se a biomassa conforme a equação 1.

$$\text{Biomassa} = (\text{Volume de } x) \times (\text{Densidade de } x) \quad (1)$$

Onde, x é a variável de interesse (casca ou lenho).

2.3. Estimativa da quantidade de carbono e do dióxido de carbono

Foi adotado o percentual de 45% de carbono para o fuste de eucalipto (SANTOS et al., 2012). A quantificação do carbono total e das subdivisões da árvore foram estimadas, de forma indireta através dos percentuais de carbono presente nas folhas, galhos, casca e lenho (Figura 1) descritos por Boechat (2002).

Figura 1. Percentual total de carbono subdividido em partes da árvore

Fonte: Adaptado de Boechat (2002).

O carbono corresponde a 27,29% da massa total do CO_2 , posto que a massa molar do dióxido do carbono é de $44,01\text{g mol}^{-1}$ e a do carbono é de $12,01\text{g mol}^{-1}$, com isso, foi quantificada a absorção de dióxido de carbono pelo plantio de *Eucalyptus*.

Com os valores da absorção de cada amostra por clone foi possível estimar o consumo de um plantio de 1 hectare com espaçamento 3 x 3 metros contendo aproximadamente 1111,11 árvores através da multiplicação dos valores da absorção pela quantidade de árvores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de carbono e de CO_2 dos clones não foram homogêneos entre os sítios, observando assim, que a absorção do dióxido de carbono varia de acordo com o local de plantio (TABELA 2).

Tabela 2. Média, por amostra, da biomassa, quantificação em kg de carbono e do dióxido de carbono absorvido pelo fuste dos clones de *Eucalyptus*

Código dos clones	Biomassa (kg)		Carbono presente no fuste (kg)		Consumo de CO ₂ do fuste(kg)	
	Belo Oriente	Guanhães	Belo Oriente	Guanhães	Belo Oriente	Guanhães
C1	95,10	108,62	42,79	48,88	156,80	179,11
C2	95,03	73,69	42,76	33,16	156,69	121,51
C3	90,57	106,22	40,76	47,80	149,36	175,16
C4	76,36	92,84	34,36	41,78	125,91	153,10
C5	78,06	56,90	35,13	25,61	128,73	93,84
C6	61,22	63,23	27,55	28,45	100,95	104,25
C7	84,24	64,91	37,91	29,21	138,92	107,04
Média dos sítios	82,94	80,92	37,32	36,41	136,76	133,43

Nota: C1-E. urophylla x sp; C2-E. grandis x urophylla; C3- E. urophylla; C4- E. urophylla; C5- E. saligna; C6- E. urophylla x globulus; C7- E. grandis x sp.

As árvores provenientes de Guanhões apresentam valores com amplitude de até 23,27 kg e as árvores de Belo Oriente, valores com amplitudes de 15,24 kg. Através desses dados é possível observar que um fuste de eucalipto pode chegar a consumir 179,11 kg de dióxido de carbono durante 6 anos de crescimento inicial. *Eucalyptus* spp aos 6 anos de crescimento plantados também em Minas Gerais fixaram em média 32,68 kg de carbono no fuste (GATTO et al., 2011), enquanto neste trabalho, obteve-se 36,86 kg de carbono, essa variação pode ocorrer devido as variáveis climáticas e a capacidade produtiva do sítio.

Os clones foram estimados para um plantio em larga escala e foi analisada a menor e a maior absorção possível, formados por árvores de classes diamétricas 1 e 7, respectivamente (TABELA 3).

Tabela 3. Valores médios, mínimos e máximos da quantificação de carbono e do dióxido de carbono de cada clone, estimado para 1 hectare com espaçamento 3 x 3 metros

Código dos clones	Carbono presente na árvore (Mg.ha ⁻¹) espaçamento (3x3)		Consumo de CO ₂ da árvore	
	Belo Oriente	Guanhães	Belo Oriente	Guanhães
C1	57,12 (19,05 - 106,14)	65,24 (20,85 - 108,95)	209,31 (69,80 - 388,93)	239,07 (76,41 - 399,22)
C2	57,08 (22,25 - 116,48)	44,26 (4,54 - 86,02)	209,16 (81,53 - 426,81)	162,19 (16,62 - 315,19)
C3	54,40 (13,75 - 110,33)	63,8 (34,48 - 82,69)	199,34 (50,37 - 404,27)	233,78 (126,34 - 302,97)
C4	45,87 (7,16 - 98,91)	55,77 (22,80 - 77,70)	168,06 (26,24 - 362,42)	204,35 (83,54 - 284,69)
C5	46,89 (10,64 - 91,17)	34,18 (5,24 - 52,13)	171,81 (39,00 - 334,06)	125,24 (19,21 - 191)
C6	36,77 (9,84 - 84,82)	37,98 (7,46 - 55,47)	134,74 (36,07 - 310,80)	139,16 (27,35 - 203,27)
C7	50,60 (8,37 - 96,70)	38,99 (5,08 - 69,98)	185,4 (30,69 - 354,34)	142,87 (18,6 - 256,4)

Nota: Os valores entre parênteses representam uma estimativa de produção de Mg.ha⁻¹ proveniente apenas de árvores com classes diamétrica 1 e 7 respectivamente.

O *Eucalyptus grandis* apresentou uma fixação de 47,42 toneladas por hectare de carbono durante os 6 anos de crescimento em Minas Gerais (PAIXÃO, 2006), dado próximo ao valor médio obtidos neste trabalho, que foi de 49,81 toneladas por hectare de carbono.

Foi observado, na estimativa por hectare do sítio de Belo Oriente, que as árvores tiveram um desenvolvimento das classes diamétricas com amplitudes de absorção do dióxido de carbono, dentro do híbrido, de até 353,90 Mg.ha⁻¹ e com uma amplitude média 321,13 Mg.ha⁻¹ e no sítio de Guanhães apresentou um desenvolvimento das classes diamétricas com amplitude máxima de até 322,81 Mg.ha⁻¹ e amplitude média de 226,38 Mg.ha⁻¹.

Figura 2. Quantificação média de carbono presente no total da amostra de cada clone por sítio

Nota: C1- *E. urophylla* x sp; C2- *E. grandis* x *urophylla*; C3- *E. urophylla*; C4- *E. urophylla*; C5- *E. saligna*; C6- *E. urophylla* x *globulus*; C7- *E. grandis* x sp.

Os eucaliptos dos sítios de Belo Oriente e Guanhães fixaram 4,34 toneladas de carbono em sua biomassa total das árvores (lenho, galhos, casca e folhas) e absorveram 15,9 toneladas de dióxido de carbono da atmosfera, apresentando uma absorção média de 162,27 kg por árvore durante o período analisado.

Os clones obtiveram um crescimento médio anual de 7,38 kg na fixação de carbono em cada árvore, corroborando ao apresentado por Paixão (2004; 2006), que é de 7,11 kg.ano⁻¹ por árvore.

Um plantio estimado de 1 hectare de árvores do gênero *Eucalyptus*, usando a média dos sítios analisados, absorve 180,32 toneladas nos seus 6 primeiros anos de crescimento, e pode absorver até 323,88 toneladas de dióxido de carbono, considerando apenas árvores da classe diamétrica 7.

Com isso, o plantio de eucalipto atinge patamares significativos para a redução da concentração de CO₂, por meio da fixação de carbono. As intensificações de plantios deste gênero seguem os pilares de sustentabilidade, pois a longo prazo suprem as indústrias em forma de matéria prima e a durante o processo servem como sumidouro de CO₂ da atmosfera.

4. CONCLUSÃO

Com as estimativas realizadas nesse trabalho o eucalipto absorve 180,32 toneladas de dióxido de carbono por hectare. O sítio de Belo Oriente promoveu absorções mais homogêneas, com maior absorção pelo *E. urophylla* x sp e o menor pelo *E. urophylla* x *globulus*.

Guanhães promoveu maior amplitude nos valores de absorção de cada clone, com superioridade para *E. urophylla* x sp e o *E. saligna* com o menor valor médio de dióxido de carbono absorvidos nos 6 primeiros anos de crescimento.

5. AGRADECIMENTOS

Ao programa TECHS pela concessão do material analisado.

Aos financiamentos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), código de financiamento 001. E a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-11941: **madeira – determinação da densidade básica**. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- BOECHAT, C. P. S. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.
- GATTO, A., DE BARROS, N. F., DE NOVAIS, R. F., DA SILVA, I. R., LEITE, H. G., & DE ALBUQUERQUE VILLANI, E. M. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 895-905, 2011.
- IBÁ- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Ibá 2017: ano base 2016**. São Paulo: IBÁ, 2017. 80p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. 2012. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>>. Acesso em: 09 set. 2019
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. [GREENHOUSE GAS BULLETIN](#) 2018. 2018. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/resources/library/wmo-greenhouse-gas-bulletin>>. Acesso em: 25 ago 2019
- PAIXÃO, F. A. **Carbon stock quantification and economic evaluation of use alternatives in a eucalyptus stand**. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal; Meio Ambiente e Conservação da Natureza; Silvicultura; Tecnologia e Utilização de) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, M. D.; LEITE, H. G.; SILVA, G. D. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 30, n. 3, p. 411-420, 2006.
- PLAIN, C.; GERANT, D.; MAILLARD, P.; DANNOURA, M.; DONG, Y.; ZELLER, B.; EPRON, D. Tracing of recently assimilated carbon in respiration at high temporal resolution in the field with a tuneable diode laser absorption spectrometer after in situ $^{13}\text{CO}_2$ pulse labelling of 20-year-old beech trees. **Tree physiology**, v. 29, n. 11, p. 1433-1445, 2009.
- SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. D. C. O.; TRUGILHO, P. F. Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono e energia de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes locais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 971-980, 2012.
- ZOBEL, B. J.; VAN BUIJTENEN, J. P. **Wood Variation: its Causes and Control**. Berlim: Springer-Verlag, 1989, 325p.

Capítulo 68

PRODUÇÃO DE MADEIRA EM TORAS DESTINADAS AO SETOR DE PAPEL E CELULOSE

*Amanda Arantes Junqueira¹, Gabriel Felipe Arantes Junqueira²,
Vitor Carneiro Marton Silva³, Patrícia Borges Dias⁴, Mailson Pereira de Souza⁵,
Alexandre Monteiro de Carvalho¹*

¹ Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

² Departamento de Geografia, Universidade Federal de Alenas (Unifal), Brasil

³ Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

⁴ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

⁵ Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

Autor correspondente: arantesaj@gmail.com

Resumo: O Brasil é um país com destaque no setor de produção de papel e celulose e entender como funciona esse mercado e principalmente realizar estimativas é de suma importância para o planejamento de empresas, além de subsidiar possíveis políticas de incentivo. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de madeira em toras destinadas ao setor de papel e celulose, e realizar estimativas para os anos seguintes. Para tal, foram coletados dados sobre a produção de madeira em tora na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, compreendendo o período de 1994 a 2017. Os dados foram avaliados de forma descritiva e posteriormente foi realizada a análise temporal dos dados por meio de modelos autorregressivos de médias móveis (ARIMA). Foi escolhido o melhor modelo e com ele realizado estimativas para os próximos 5 anos. A partir de 2014 a quantidade produzida apresentou aumento, em contrapartida o preço unitário diminuiu. Em 2017 o país produziu 87 milhões de m³, movimentando o equivalente a R\$ 5,1 bilhões. O melhor modelo ARIMA encontrado foi o (0,2,1), e pela estimativa a expectativa é de que a produção de toras no país aumente nos próximos anos. A produção de madeira em tora para papel e celulose se concentra nas regiões de produção de celulose, como forma de diminuir os custos de transporte pelas empresas consumidoras, além disso, a madeira em tora tem seu preço e produção ligada as oscilações do mercado externo.

Palavras chave: Modelos ARIMA; Séries históricas; Produção madeireira.

WOOD PRODUCTION IN A LOG FOR PAPER AND CELLULOSE SECTOR

Abstract: Brazil is a prominent country in the pulp and paper production sector and understanding how this market works and especially making estimates is of paramount importance for business planning, as well as subsidizing possible incentive policies. Thus, the objective of this work was to evaluate the production of logs for the pulp and paper sector, and to make estimates for the following years. To this end, data were collected on the production of logs in the platform of the Brazilian Institute of Geography and Statistics, covering the period from 1994 to 2017. The data were evaluated descriptively and later the data were analyzed by means of time. autoregressive moving average models (ARIMA). The best model was chosen and estimates made for the next 5 years. From 2014 onwards, the quantity produced increased, while the unit price decreased. In 2017 the country produced 87 million m³, moving the equivalent of R \$ 5.1 billion. The best ARIMA model found was (0,2,1), and it is expected that the production of logs in the country will increase in the coming years. The production of roundwood for pulp and paper is concentrated in the regions of pulp production, as a way of reducing the transportation costs by the consuming companies. In addition, the roundwood has its price and production linked to fluctuations in the foreign market.

Keywords: ARIMA models; Historical series; Timber production.

1. INTRODUÇÃO

A produção de papel no Brasil se iniciou em 1770 no estado do Rio de Janeiro, por meio de uma publicação que exibia espécies que poderiam ser utilizadas para tal destinação. Em 1830 se iniciou a instalação de indústrias de papel e celulose, as quais tornaram-se mais evidentes em 1920 após incentivos fiscais do governo (OLIVEIRA et al., 2017). Apesar dos incentivos, o Brasil importava tanto o papel que consumia e também a pasta utilizada na produção interna de papel.

Com o passar dos anos o Brasil foi investindo em tecnologias e novos plantios, se tornando competitivo no mercado de papel e celulose mundial. Com isso, nas últimas décadas o setor apresentou crescimento, resultante das instalações de grandes plantas industriais em regiões estratégicas e pelo aumento significativo do volume de celulose produzido e exportado (SANQUETTA et al. 2019).

O segmento de madeira em tora para a produção de celulose apresenta importância para economia do Brasil em termos de produto interno bruto (PIB), na geração de empregos, no volume de salários pagos, de impostos recolhidos e no desempenho da balança comercial (SERRANO, 2008). O Brasil é o quarto maior produtor de celulose do mundo e o nono maior produtor de papel, sendo considerado o 13º maior mercado consumidor (BRACELPA, 2013). Em relação ao impacto social gerado pelo setor, em 2013 estima-se que o setor florestal manteve cerca de 4,4 milhões de empregos, entre empregos diretos (0,6 milhões), indiretos (1,3 milhões) e resultantes do efeito-renda (2,4 milhões) (TOLEDO et al., 2016).

A celulose produzida no Brasil é em sua maioria destinada à exportação (67%) (SANQUETTA et al., 2019). Em contrapartida, o papel produzido no país é consumido principalmente pelo mercado interno (IBA, 2018). Entender como funciona esse mercado e principalmente realizar previsões é de suma importância para o planejamento de empresas, além de subsidiar possíveis políticas de incentivo. Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de madeira em tora para a produção de papel e celulose, e realizar previsões para os anos seguintes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados dados sobre a produção de tora para papel e celulose no sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados disponíveis compreenderam um período de 24 anos, de 1994 a 2017. De posse dos dados foi realizada uma análise descritiva dos dados e em seguida os dados foram submetidos a análise temporal por meio de modelos autorregressivos de médias móveis (ARIMA).

Para a análise foram testados vários modelos, e os que atenderam aos pressupostos (normalidade dos resíduos, ruído branco e significância dos coeficientes) foram selecionados. Dos modelos selecionados foi escolhido o melhor modelo com base nos critérios de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC). O melhor modelo selecionado foi utilizado para realizar previsões para os anos de 2018 a 2022.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2017 o país produziu 87 milhões de m³, movimentando o equivalente a R\$ 5,1 bilhões. A partir de 2014 é possível observar que a quantidade produzida apresentou aumento, em contrapartida o preço unitário diminuiu (Figura 1). Essa retração se deve a má performance da economia do país (SANQUETTA et al., 2019). Em relação ao preço, cabe destacar que a indústria de papel de celulose produz commodities, sendo assim, seus preços são determinados no mercado internacional, com isso, os preços são altamente afetados pelo mercado externo (SERRANO,

2008). Portanto, grande parte das oscilações de preço no período avaliado se deve a conjuntura do mercado externo.

Figura 1. Quantidade produzida de tora para celulose e papel, em m³, e valor por quilo, em reais no período de 1994 a 2017

É possível observar que entre os anos de 1999 e 2006 o preço da madeira em tora mais que dobrou. Durante esse período alguns analistas discutiam sobre o chamado “apagão florestal”, termo utilizado para denominar uma possível escassez de madeira na época. Essa preocupação na época surgiu baseada em algumas análises como as de Berger et al. (1992) e Bacha (2000). Essas análises apontaram para um desequilíbrio entre a necessidade e a disponibilidade de madeira.

No entanto, a questão era se esse desequilíbrio seria devido a oferta (produção de madeira) ou ao consumo (demanda), o que foi analisado por Nascimento et al. (2009), que constataram que o desequilíbrio foi por conta de variáveis relacionadas à demanda externa de madeira. Portanto, o preço dobrou nesse período devido ao aumento das exportações, que ocasionaram diminuição na oferta da madeira no mercado interno impulsionando o aumento do preço.

Em relação a quantidade produzida, houve uma queda nos períodos entre 1994 a 1996, o que ocorreu possivelmente devido a mudança estrutural do período, que pode ter ocorrido devido ao plano real em conjunto com o fim da política dos incentivos fiscais (1966 a 1987) (ÂNGELO et al., 2009). Ainda de acordo com os autores, o aumento a partir de 1997 se justifica pelo aumento do consumo de toras pela indústria de celulose, e o aumento na metade da década de 2000 pelo aumento das exportações.

A principal região produtora durante o período analisado foi o Sudeste (Figura 2). Essa maior produção de tora destinada à celulose na região se deve ao fato do estado de São Paulo ser o principal produtor de celulose do país. De acordo com a ABRAF (2013) os maiores estados produtores de celulose no Brasil são: São Paulo, Bahia, Santa Catarina, Paraná e Minas gerais. E como o setor de produção de celulose já possui altos custos fixos (Ângelo et al., 2009), o ideal é que a produção ocorra próximo das fontes de matérias prima para redução dos custos com transporte (MARTINS et al., 2018). O que justifica as maiores produções se concentrarem nas regiões Sudeste e Sul.

Figura 2. Quantidade produzida de toras para a indústria de papel e celulose, em m³, para as Regiões Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Centro-Oeste do Brasil, no período de 1994 a 2017

Nos últimos dois anos (2016 e 2017) a região Sul se apresentou como a maior produtora. O aumento na região se deve ao aumento de produção nos estados de Santa Catarina e Paraná (únicos estados que aumentaram a produção nos últimos dois anos) (Figura 3). Vários fatores contribuíram para o aumento no estado de Santa Catarina, entre eles as condições edafoclimáticas, as áreas impróprias para a agricultura (o que impulsiona o desenvolvimento de outras atividades, entre elas a silvicultura), além do fato do estado estimular a reposição florestal obrigatória por meio da lei nº 10.742/97 (FISCHER et al., 2015).

Em relação ao estado do Paraná, a principal empresa de base florestal no estado é a Klabin (ALMEIDA et al., 2012), que tem investido no mercado do estado sendo a principal responsável pelo aumento registrado. Em abril de 2019, a empresa anunciou investimento de mais R\$ 9,1 bilhões em empresa de papel (KLABIN, 2019), o que indica que o estado tende a continuar apresentando crescimento na produção de tora para o segmento nos próximos anos.

Já a queda na produção da Região Sudeste se deve a queda no estado de São Paulo, que apresentou diminuição de 9 % na quantidade produzida entre 2015 e 2017. Nesse período, houve queda na área plantada de Eucalipto no estado (IBÁ, 2017), o que pode ter contribuído para a diminuição da produção de madeira em tora.

Figura 3. Quantidade produzida de madeira em tora, em m³, nos principais estados produtores do Brasil, no período de 1994 a 2017

O estado do Rio Grande do Sul apresentou aumento expressivo na produção de tora para o mercado de celulose apenas no ano de 2015. Esse aumento pode ter sido reflexo das ações do governo, visto que em 2004 o Governo do estado anunciou a liberação de R\$ 30 milhões para o Programa de Financiamento Florestal Gaúcho (Proflora), além de adotar um programa de incentivos fiscais para fomentar a indústria de base florestal (FLORIANO et al., 2009).

Como pode ser observado na figura 1 a série apresentou tendência de crescimento nos anos analisados, portanto, para gerar um modelo autorregressivo de médias móveis foi indicado realizar diferença na série. No entanto, uma diferença não retirou a tendência da série (Figura 4). Sendo, portanto, testados modelos com duas diferenças.

Figura 4. Série de produção de madeira em tora para produção de papel e celulose com uma diferença, comportamento da autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACP)

Considerando as duas diferenças foram testados os modelos possíveis e encontrados dois modelos que atenderam aos pressupostos (Tabela 1). Considerando os critérios de Akaike (AIC) e Beysiano (BIC) o modelo mais indicado foi o ARIMA (0,2,1).

Tabela 1. Critério de Akaike AIC e Bayesiano (BIC) para os modelos ARIMA

Modelo ARIMA	AIC	BIC
(1,2,0)	752,94	755,12
(0,2,1)	750,34	752,52

Com base no modelo selecionado foram realizadas previsões para os anos de 2018 a 2022 (Tabela 2) (Figura 5). De acordo com as previsões do modelo selecionado, a expectativa é que a produção de madeira em tora para o setor de celulose e papel aumente nos próximos anos. Cabe destacar que quanto mais longe do período da série a estimativa vai perdendo acurácia, e, por isso, os intervalos de confiança aumentam.

Tabela 2. Estimativa da produção de tora para a produção de papel e celulose no Brasil, em m³, para o período de 2018 a 2022

Ano	Estimativa em m ³
2018	90.574.632
2019	93.409.703
2020	96.244.775
2021	99.079.846
2022	101.914.918

Figura 5. Série de quantidade produzida de madeira em tora para produção de papel e celulose, de 1994 a 2017 e previsões para a produção de 2018 a 2022

4. CONCLUSÃO

O mercado de papel e celulose é de grande importância para a economia do país. Esse por sua vez, apresenta grande influência do mercado externo. Sendo assim, a maior parte das oscilações de preço e na produção do mercado se deve ao aumento ou diminuição da demanda do mercado externo. A produção de tora destinada ao mercado de celulose se concentra nas áreas de maior presença de empresas do setor de celulose, o que ocorre para diminuir os custos com transporte.

Nos últimos anos a produção no país apresentou crescimento e a expectativa é que esse aumento continue nos próximos anos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G L ANGELO, H. Influência da Klabin no mercado de madeira em tora do estado do Paraná. **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 153-158, 2012.
- ALMEIDA, A. N.; SILVA, J. C. G L.; ÂNGELO, H.; BITTENCOURT, A. M.; NUÑEZ, B. E. C. Mercado paranaense de madeira em tora procedente de silvicultura entre 1999 e 2005. **Floresta**, v. 39, n. 4, 2009.
- ÂNGELO H.; ALMEIDA N. A.; SERRANO A. L. M. Determinantes da demanda de madeira em toras para celulose no Brasil. **Scientia Forestalis**, 37(84): 491-498.
- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas – ABRAF (2013). **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012**. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>. Acesso em: 30 set. de 2019.
- BACHA, C. J. C. Evolução da produção brasileira de Madeira: Haverá Escassez? **Preços Agrícolas**, Piracicaba, p. 13 – 16, jul. 2000.
- BERGER, R.; KUGLER, H.; POSSE, E.G. **Estúdio de lãs alternativas de Uruguay en los mercados de productos forestales de Brasil y Argentina**. Buenos Aires: Ministério de Ganaderia, Agricultura y Pesca, Organizacion de los Estados Americanos, Fondo Nacional de Preinversion, 1992. 98p.
- BRACELPA - Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Dados do setor, outubro – 2013**, 2013. 5p.
- FISCHER, A.; SURDI, A. P.; SANTOS JUNIOR, S. WINCK, C. A. A Silvicultura Madeireira na Secretaria de Desenvolvimento Regional de Joaçaba–SDR de Joaçaba. **Desenvolvimento em Questão**, v. 13, n. 29, p. 225-256, 2015.
- FLORIANO, E. P.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; FLEIG, F. D. Análise econômica da produção de *Pinus elliottii* na serra do Sudeste, Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 393-406, 2009.

IBÁ – INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. **Relatório 2017**. São Paulo: IBÁ, 2017. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>. Acessado em: 02 out. 2019.

IBÁ – INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. **Sumário executivo 2018**. São Paulo: IBÁ, 2018. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo2018.pdf>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA)** - Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 15 ago. 2019.

KLABIN. **Paraná recebe investimentos de R\$ 9,1 bilhões de empresa de papel**. Disponível em: <https://www.klabin.com.br/klabin-na-midia/parana-recebe-investimentos-de-r-91-bilhoes-de-empresa-de-papel/>. Acessado em 01 out. 2019.

MARTINS, B. F.; FREITAS, E. C. S.; ENRIQUEZ, A. G.; MAGALHÃES, J. G. S.; RIBEIRO, C. A. A. S.; FREITAS, J. P. O. Trajetória dos centros de massa da produção brasileira de florestas plantadas entre 1990 e 2012. **Advances in Forestry Science**, v. 5, n. 3, p. 425-430, 2018.

SANQUETTA, C. R.; OLIVEIRA, T. W. G.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, M. N. I.; MAAS, G. C. B. ANÁLISE DA PRODUÇÃO, IMPORTAÇÃO, EXPORTAÇÃO E CONSUMO APARENTE DE PAPEL NO BRASIL ENTRE 1961 E 2016. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 4, n. 2, p. 110-115, 2019.

SERRANO, A. L. M. (2008). **Análise Econométrica do mercado de madeira em toras para a produção de celulose**. 83f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

TOLEDO, F. H. S. F.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 711-716, 2015.

Capítulo 69

PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL PELA SILVICULTURA BRASILEIRA

*Amanda Arantes Junqueira¹, Gabriel Felipe Arantes Junqueira²,
Vitor Carneiro Marton Silva³, Danilo Henrique dos Santos Ataíde⁴,
Mailson Pereira de Souza⁴, Alexandre Monteiro de Carvalho¹*

¹ Departamento de Produtos Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

² Departamento de Geografia, Universidade Federal de Alfenas (Unifal), Brasil

³ Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

⁴ Departamento de Silvicultura, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

Autor correspondente: arantesaj@gmail.com

Resumo: O Brasil é o principal produtor de carvão vegetal do mundo. O carvão vegetal pode ser obtido de florestas nativas e plantadas. Visando menores impactos nas áreas nativas, e, ainda, atender as legislações vigentes, espera-se que a produção de carvão da silvicultura se desenvolva cada vez mais. Os objetivos com esse trabalho foram: avaliar a produção de carvão vegetal no Brasil; averiguar os principais produtores e realizar a previsão futura de produção. Para tal, foram coletados dados de produção de carvão vegetal de 24 anos (1994-2017) na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados e em seguida, foram realizadas previsões para cinco anos utilizando modelos autorregressivos de médias móveis (ARIMA). As análises foram realizadas no *software* R. No ano de 2017, o Brasil produziu aproximadamente 4,9 milhões de toneladas de carvão vegetal, movimentando o equivalente a R\$ 2,6 bilhões. A principal região produtora é a Sudeste, responsável por 87% da produção nacional em 2017. O melhor modelo ARIMA encontrado foi o (0,2,1), e por ele realizou-se a previsão para os anos de 2018 a 2022. De acordo com o modelo, a previsão é de que nos próximos anos a quantidade produzida siga em crescimento. Como a silvicultura brasileira não é capaz de atender a demanda por carvão vegetal no Brasil, esses resultados são positivos, visto que a tendência é de que haja substituição da produção extrativista pela produção da silvicultura.

Palavras chave: Modelos ARIMA; Séries históricas; Carvão de biomassa; Região Produtora; Perspectiva de produção.

CHARCOAL PRODUCTION BY BRAZILIAN FORESTRY

Abstract: Brazil is the world's leading charcoal producer. Charcoal can be used for native and planted forests. Aiming at lower impacts on native areas, and also, in compliance with current legislation, wait for forestry coal production to develop more and more. The objectives of this work were: to evaluate charcoal production in Brazil; evaluate key producers and make a future production forecast. To this end, 24-year charcoal production data (1994-2017) were collected on the platform of the Brazilian Institute of Geography and Statistics. Initially, a descriptive analysis of the data was performed and then performed for five years using autoregressive mobile media (ARIMA) models. As the analysis did not run any software R. In 2017, Brazil produced approximately 4.9 million tons of charcoal, moving or equivalent to \$ 2.6 billion. The main producing region in the Southeast, which accounted for 87% of national production in 2017. The best ARIMA model found was (0.2.1), and made a forecast for it from 2018 to 2022. According to the model, the forecast is as follows in the coming years the small amount keeps growing. As Brazilian forestry is unable to meet the demand for charcoal in Brazil, these results are positive, since the tendency is to replace extractive production with forestry production.

Keywords: ARIMA models; Historical series; Biomass coal, Producing region; Production perspective.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém o título de maior produtor de carvão vegetal, o qual é utilizado principalmente na obtenção de ferro gusa (matéria prima básica para produção de aço). O carvão vegetal vem sendo utilizado desde os primórdios como fonte de energia, apresentando importância no desenvolvimento humano na terra, seja na sua utilização como combustível, que proporcionou grandes avanços históricos como no uso em fornos domésticos e industriais (COELHO JUNIOR et al., 2019).

O carvão vegetal, também conhecido como carvão de biomassa, é obtido a partir de madeira pelos processos de carbonização ou pirólise (SAMI et al., 2001). É considerado um recurso renovável pois o ciclo do carbono via madeira é curto (entre 5 e 10 anos) comparado ao carvão fóssil (aproximadamente 100 milhões de anos) (ROUSSET et al., 2011).

A principal utilização do carvão vegetal é como fonte de energia e como agente redutor no setor de aço (ROUSSET et al., 2011). No Brasil, quase toda a produção de carvão vegetal é direcionada ao setor siderúrgico para produção de ferro-gusa, aço e ferro-ligas (MARTINS et al., 2016). Cabendo destacar que a produção depende da tecnologia de conversão (topo de forno), características da madeira e da mão de obra utilizada (OLIVEIRA et al., 2017). Ainda de acordo com os autores, no Brasil a maior parte dos fornos são rudimentares de alvenaria, com controle empírico da carbonização, o que implica em baixo rendimento gravimétrico e impactos sociais, econômicos e ambientais.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) classifica a produção de carvão vegetal no país como: produção da extração vegetal (em áreas nativas) e produção da silvicultura (em áreas plantadas). Apesar dos impactos negativos causados pela extração vegetal, parte da produção ainda vem de florestas nativas, visto que o carvão da extração apresenta preços mais atrativos (baixos) o que desestimula o investimento em projetos de florestas plantadas (SIMIONI et al., 2017). No entanto, visando menores impactos nas áreas nativas, e, ainda, atender as legislações vigentes, bem como os esforços pelos principais consumidores (como o setor siderúrgico) espera-se que a produção de carvão da silvicultura substitua cada vez mais a produção extrativista.

Investir em estudos e análises sobre o carvão vegetal é de suma importância para entender o mercado, além de auxiliar na tomada de decisões de segmentos econômicos para planejar negócios e ainda subsidiar a criação de políticas que incentivem a produção (COELHO JUNIOR et al., 2019). Além disso, estudos de análises financeiras e econômicas são imprescindíveis para o setor (OLIVEIRA et al., 2017). Nesse contexto, conseguir prever cenários traz grandes benefícios para o planejamento do setor. No entanto, na literatura análises de previsão referentes a carvão vegetal são escassas.

Com base no exposto, os objetivos com esse trabalho foram: avaliar a produção de carvão vegetal no Brasil; averiguar os principais produtores e realizar a previsão futura de produção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram coletados dados no Sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na publicação de produção vegetal e silvicultura. Os dados coletados incluíram um período de 24 anos, compreendendo o período de 1994 a 2017, considerando os dados mais recentes disponíveis.

Foram coletados dados referentes a produção de carvão vegetal na silvicultura, em toneladas. Os dados foram avaliados de forma descritiva, destacando a produção por região. Os gráficos para a avaliação descritiva foram elaborados no software Excel.

Após a análise descritiva foi realizada a previsão para a produção de carvão vegetal para o Brasil. Foi realizada a previsão para cinco anos futuros, considerando o último ano disponível na plataforma, ou seja, foram feitas previsões para os anos de 2018 a 2022. A previsão foi feita

utilizando modelos autorregressivos de média móvel (ARIMA), considerando a série anual de quantidade produzida.

Para tal, foram testados diferentes modelos e os modelos que atenderam aos pressupostos foram selecionados. Os pressupostos considerados foram: normalidade dos resíduos, ruído brando e significância dos coeficientes. A definição do melhor modelo foi feita considerando os critérios de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC) e após a escolha foi feita a previsão de produção nacional. As análises foram realizadas no ambiente estatístico R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2017, o Brasil produziu aproximadamente 4,9 milhões de toneladas de carvão vegetal (Figura 1), movimentando o equivalente a aproximadamente R\$ 2,6 bilhões, considerando apenas a produção na silvicultura brasileira. É importante destacar que de todos os produtos madeireiros da silvicultura, no ano de 2017 houve queda apenas na produção de carvão vegetal. Em contrapartida, o valor do produto aumentou após dois anos consecutivos de queda, alcançando a marca de R\$ 0,52 por quilo. Ainda em relação a 2017, a produção de carvão vegetal representou 17,4% da produção da silvicultura no país, o qual foi produzido principalmente por eucalipto (98,6%) (IBGE, 2019).

Figura 1. Quantidade produzida, em toneladas e valor por quilo, em reais de carvão vegetal no Brasil, no período de 1994 a 2017

Durante o período analisado, pode-se observar que a partir do ano de 2010 houve aumento da produção até o ano de 2014. No ano de 2011 o setor siderúrgico apresentou recuperação e aumento das exportações (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011), o que impulsionou a produção de carvão nesse período.

No ano de 2015 houve uma queda significativa na produção. Essa queda ocorreu devido a menor demanda por parte da indústria, em especial a siderúrgica (IBGE, 2015). Comportamento que se manteve até o último ano analisado.

Em relação as Regiões produtoras, o Sudeste é a principal responsável pela produção de carvão vegetal no Brasil (Figura 2). Em 2017 a região produziu 4,3 milhões de toneladas (88% da produção nacional), movimentando o equivalente a R\$ 2,2 bilhões (87% da produção nacional). O Nordeste é responsável pela segunda maior produção, com 382 mil toneladas (7,7% da produção nacional), movimentando R\$ 170 milhões (6,6% da produção nacional). Esse comportamento foi descrito por Simioni et al. (2017), que avaliaram a produção de lenha e carvão no Brasil também utilizando os dados do IBGE.

Figura 2. Quantidade produzida de carvão vegetal, em toneladas, por região do Brasil

O carvão vegetal é utilizado principalmente como fonte de energia e agente redutor no setor de aço (ROUSSET et al., 2011). A maior parte das indústrias desse setor se concentram na região Sudeste, o que justifica o destaque da região na produção de carvão, visto que os custos com o transporte são altos e a maior parte das indústrias buscam se consolidar próximas as áreas de obtenção de matéria-prima.

Na região Sudeste, o principal produtor foi o estado de Minas Gerais (Figura 3), os outros estados apresentaram produção inexpressiva no período avaliado. Sendo assim, o estado de Minas Gerais é o responsável pela maior parte da produção de carvão vegetal do Brasil. No ano de 2017, o estado foi responsável por produzir 4,2 milhões de toneladas, o equivalente a 97% da produção da região e 86% da produção nacional, movimentando o equivalente a R\$ 2,1 bilhões.

Como visto anteriormente a produção de carvão vegetal no Brasil para produção de papel e celulose apresentou tendência de crescimento nos anos analisados. Sendo assim, é indicado que se busque modelos com diferenças. Como pode-se observar na figura 4, uma diferença já retira a tendência da série, mas optou-se por testar modelos com um e duas diferenças para efeito de comparação. O limite de significância considerado foi de 0,05.

Figura 3. Quantidade produzida de carvão vegetal, em toneladas, nos estados da região Sudeste do Brasil **Figura 4. Gráfico da série produção de carvão vegetal com uma diferenciação, função de autocorrelação (FAC) e função de autocorrelação parcial (FACP)**

Dos modelos ARIMA testados para realizar as previsões, cinco atenderam aos pressupostos, dos quais três não apresentaram a parte integrada do modelo, ou seja, não tinham nenhuma diferença. Os modelos que não tinham diferença foram descartados pois a série apresenta uma tendência clara de crescimento, que pode ser observada nas figuras 1 e 2. Sendo assim, dos dois modelos restantes foi selecionado o que apresentou os menores valores de AIC e BIC (Tabela 1), no caso o modelo ARIMA (0,2,1).

Tabela 1. Critério de Akaike AIC e Bayesiano (BIC) para os modelos ARIMA (1,1,1) e (0,2,1)

Modelo ARIMA	AIC	BIC
(1,1,1)	651,58	656,12
(0,2,1)	627,16	629,34

Baseado no modelo ARIMA (0,2,1) foi realizada a previsão para os anos de 2018 a 2022 (Tabela 2 e Figura 5). Como pode-se observar, quanto mais distante da série de dados, maior são os limites das previsões, o que ocorre devido à perda de acurácia da análise para períodos mais distantes.

Tabela 2. Previsão da produção de carvão vegetal no Brasil, em toneladas, para o período de 2018 a 2022

Ano	Previsão (t)
2018	2.672.325
2019	2.774.535
2020	2.876.744
2021	2.978.954
2022	3.081.163

Figura 5. Quantidade produzida de carvão vegetal, em toneladas, com a previsão de 2018 a 2022 para o Brasil

4. CONCLUSÃO

O Brasil apresenta destaque na produção mundial de carvão vegetal, sendo a região Sudeste a principal responsável pela produção nacional. Para realizar previsões sobre a produção de carvão vegetal no país indica-se o uso modelo ARIMA (0,2,1).

Apesar da previsão de aumento, acredita-se que a oferta de carvão no país ainda é inferior a demanda e o segmento tem essa consciência e já estão investindo em novos plantios e melhorando a produção de plantios já existentes.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- COELHO JUNIOR, L. M.; MEDEREIROS, M. G.; SANTOS JUNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C.; JOAQUIM, M. S.; SILVA, M. L. Concentração regional da produção de carvão vegetal no estado da Paraíba, Brasil (1994-2016). **Revista Árvore**, v. 43, n. 1, p. 1-10, 2019.
- INSTITUTO AÇO BRASIL. IABr. **Aço: construindo um futuro sustentável**, 2011. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://acobrasil.org.br/site%5Cportugues%5Cbiblioteca%5CIBr%20Folder%20Meio%20Ambiente.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 30, p.01-46, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA)** - Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em: 15 ago. 2019.

MARTINS, M. P.; BENÍCIO, E. L.; DIAS JUNIOR, A. F.; ALMEIDA, R. B.; CARVALHO, A. M. YAMAJI, F. A. Produção e avaliação de briquetes de finos de carvão vegetal compactados com resíduo celulósico proveniente da indústria de papel e celulose. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 173-180, 2016.

OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; SALLES, T. T. CARNEIRO, A. C. O; LANA, A. Q. Análise de risco econômico de dois sistemas produtivos de carvão vegetal. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 20, p. 245-265, 2017.

ROUSSET, P.; CALDEIRA-PIRES, A.; SABLowski, A.; RODRIGUES, T. LCA of eucalyptus wood charcoal briquettes. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 14, p. 1647-1653, 2011.

SAMI, M.; ANNAMALAI, K.; WOOLDRIDGE, M. Co-firing of coal and biomass fuel blends. Progress Energy **Combustion Science**, v.27, n. 1, p.171-214, 2001.

SIMIONI, F. J.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; MAURO, J.; FACHINELLO, A. L.; BUSCHINELLI, C. C. A.; MATSUURA, M. I. A. F. Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 731-741, 2017.

Capítulo 70

INTERFERÊNCIA DO AMBIENTE NA VARIABILIDADE AXIAL DA DENSIDADE BÁSICA EM CLONES DE EUCALIPTO

Gabriela Aguiar Amorim¹, Tayná Rebonato Oliveira¹, Ana Paula Câmara¹,
Jean Carlos Lopes de Oliveira¹, Maria Naruna Félix de Almeida¹,
Graziela Baptista Vidaurre¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: gabriela.a.amorim@hotmail.com

Resumo: A determinação da densidade básica é imprescindível para decisão do uso racional da madeira. Tendo em vista a variabilidade existente na madeira no sentido base-topo e a influência ambiental em sua formação, o objetivo foi avaliar a variação axial da densidade básica na madeira de clones de eucalipto, aos seis anos de idade, em quatro locais do Brasil e, determinar para os clones a posição representativa de densidade da árvore para amostragem. Foram avaliados três clones do gênero *Eucalyptus* (*E. saligna*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. urophylla*), em 4 locais do Brasil: Belo Oriente – MG, Guanhões – MG, Inocência – MS e Mogi Guaçu – SP e colhidas sete árvores de cada clone/local, nas quais foram seccionados discos em 0 (base), DAP, 25, 50, 75 e 100% do fuste para determinação de densidade básica, por meio de cunha. Utilizou-se arranjo em fatorial, sendo os fatores, posição do fuste e clone. Os três clones de eucalipto nos quatro diferentes ambientes apresentaram comportamento caracterizado por queda da densidade básica na posição do DAP seguido de aumento na posição 25%. Constatou-se também, a posição 50% da altura comercial sendo a mais representativa da densidade da árvore. Cada clone expressou variação axial de forma distinta em consequência de seus respectivos caracteres genéticos e dos ambientes de plantio.

Palavras chave: Amostragem representativa; Madeira; Intraespecífica; Variabilidade vertical;

ENVIRONMENT INTERFERENCE ON AXIAL VARIABILITY OF BASIC DENSITY IN EUCALYPTUS CLONES

Abstract: Determining the basic density is essential for deciding the rational use of wood. Because of the variability existing in the wood in the base-top sense and the environmental influence in its formation, the objective was to evaluate the behavior of the basic wood density of eucalyptus clones at six years of age in four locations in Brazil and, determine for clones the representative position of tree density for sampling. Three eucalyptus clones (*E. saligna*, *E. urophylla* and *E. grandis* x *E. urophylla*) were evaluated in four locations in Brazil: Belo Oriente - MG, Guanhões - MG, Inocência - MS and Mogi Guaçu - SP and seven were harvested. trees of each clone/site, in which disks were sectioned at 0 (base), DBH, 25, 50, 75 and 100% of the stem for wedge determination of basic density. The factorial arrangement was used, being the factors, stem position and clone. The three eucalyptus clones in the four different environments presented behavior characterized by a decrease in the basic density in the DBH position followed by an increase in the 25% position. It was also found, the position 50% of the commercial height being the most representative of the tree density. Each clone expressed axial variation differently as result of their respective genetic characters and planting environments.

Keywords: Representative sampling; Wood; Non-specific; Vertical variability;

1. INTRODUÇÃO

A indústria brasileira de florestas plantadas é, atualmente, uma referência mundial por sua atuação pautada pela sustentabilidade, competitividade e inovação (IBÁ, 2017). Os segmentos industriais que fazem uso intensivo da madeira, a exemplo dos setores de celulose e papel e siderúrgico, têm potencializado esforços para garantir o suprimento dessa matéria-prima (PÁDUA, 2009). O Brasil possui cerca de 7 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 70% de florestas de eucalipto. Os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares desta área e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (15%) (IBÁ, 2017).

A densidade básica da madeira, que corresponde a massa seca por unidade de volume saturado, é uma característica importante para a seleção de árvores para os setores de celulose e energia (NAKAHAMA et al., 2018). A determinação da densidade básica ao longo da altura da árvore é um fator importante na determinação de qual região a ser amostrada melhor representa toda a árvore, ou ainda, para entender o perfil de variação da espécie.

Três padrões gerais de variação axial são mais comumente descritos: (i) a densidade diminui de forma uniforme no sentido base-topo; (ii) a densidade diminui até o meio do fuste e aumenta até o topo; e (iii) a densidade decresce desuniforme, no sentido base-topo (CARNEIRO, 2017; COELHO et al., 2017). Essas variações intraespecíficas são explicadas pelos fatores de idade do lenho e pela taxa de crescimento das árvores, pelo clima, sítio, tratamentos silviculturais e amostragem do fuste.

As pesquisas presentes na literatura que envolvem a variação da densidade básica com a altura da árvore confirmam a inexistência de um padrão definido de variação (COUTO et al., 2012; SILVA et al., 2018). Dessa forma, se faz necessário mais investigações sobre este tema para aplicá-lo de forma mais assertiva. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de variação no sentido base topo da densidade básica na madeira de clones de eucalipto, aos seis anos de idade, em quatro locais do Brasil e determinar para os três clones a posição representativa de densidade da árvore para amostragem.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de madeira foram provenientes do Programa de Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídricos, Térmicos e Bióticos (TECHS) coordenado pelo Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). Árvores de 3 clones de eucalipto (*E. saligna*, *E. urophylla* e *E. grandis* x *E. urophylla*), aos 6 anos de idade, foram coletadas em 4 locais do Brasil: Belo Oriente – MG, Guanhões – MG, Inocência – MS e Mogi Guaçu – SP. Foram coletadas sete árvores sadias, isentas de bifurcação e podridão, representativas das classes diamétricas da parcela experimental de clone e local (120 plantas, 8 linhas x 15 árvores). Das árvores cortadas, discos no diâmetro a altura do peito (DAP) e nas posições de 0 (base), 25, 50, 75 e 100% do fuste foram retirados para determinação da densidade básica da madeira.

A densidade básica foi determinada de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003), no sentido base-topo das árvores. Uma cunha foi utilizada para essa análise, com saturação completa e, posterior deslocamento em balança hidrostática para obtenção de volume deslocado. O material foi transferido para estufa de ventilação forçada a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até massa constante. As cunhas secas foram pesadas e a determinação da densidade básica foi obtida ao dividir a massa seca pelo volume saturado de cada amostra. Foi realizada a média das 7 árvores de cada clone/local.

Os dados foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 3 x 6, como fatores o clone (três níveis) e as posições do fuste (seis níveis). Quando o efeito da interação entre posição x clone foi significativo, pela análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$),

procedeu-se o desdobramento da interação e comparação entre médias pelo teste de Scott – knott ($p \leq 0,05$) para a densidade da madeira.

A avaliação qualitativa da posição representativa da árvore foi realizada para cada clone. Determinou-se a média por posição, unindo os locais e, uma média geral por árvore foi gerada a nível comparativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos quatro locais analisados, em Belo Oriente - MG houve maior diferença entre os clones para todas as posições, enquanto em Guanhães os clones apresentam maior estabilidade para densidade da madeira, tendo em ambos locais comportamento distinto dos clones no topo (100%). *E. urophylla* apresentou as menores médias de densidade nos quatro locais (FIGURA 1).

Figura 1. Valores médios de densidade básica da madeira em diferentes posições do fuste de três clones de *Eucalyptus* aos 6 anos, em quatro locais no Brasil

Nota: Médias seguidas da mesma letra, minúscula (posição no fuste) e maiúscula (clone) não diferem pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Em Belo Oriente – MG, o *E. urophylla* não diferiu entre as posições. *E. grandis* x *E. urophylla* apresentou três grupos de valores distintos estatisticamente ao longo da árvore.

No município de Guanhães – MG, foi observado um padrão diferente nas médias de densidade básica no sentido axial da árvore. Para os três clones, nas posições 0%, 25%, 50%, 75% as médias não diferiram entre si, porém no DAP houve redução para dois clones.

Em Inocência – MS, apenas *E. urophylla* diferiu nas posições, com a base superior estatisticamente das demais posições.

As densidades das posições no sítio de Mogi Guaçu – SP, foram estatisticamente iguais para *E. saligna*. As médias entre os clones nas posições 0%, DAP, 25% e 75% não variaram.

Cada clone expressa a variação axial de forma distinta, em consequência de seus respectivos caracteres genéticos e dos locais de plantio, bem como fatores climáticos, manejo e propriedades do solo. Diferentes variações em função do local de plantio e das características dos clones também foram demonstradas em outros estudos (PILLAI et al., 2013; SILVA et al., 2018).

Em *Eucalyptus* provenientes de plantio de monocultivo e consorciado, constataram variação axial significativa da densidade básica e comportamento caracterizado por decréscimo da base ao topo do fuste (SILVA et al., 2018), dado que corrobora ao encontrado neste trabalho, com exceção do DAP, cujo decréscimo foi acentuado.

Os três clones de eucalipto apresentaram densidade básica da madeira superior a 0,50 g.cm⁻³ na base, com comportamento de queda na posição do DAP, seguido de aumento da densidade na posição de 25% (FIGURA 2).

Figura 2. Comportamento geral da densidade básica da madeira no sentido axial do fuste de 3 clones de eucalipto distribuídos em quatro locais no Brasil

Nota: DAP = Diâmetro a altura do peito.

A densidade básica média dos clones de *E. grandis* x *E. urophylla* foi de $0,506 \text{ g.cm}^{-3}$ com diminuição de 8,5% da base ao topo. Para os clones de *E. urophylla*, o valor médio da densidade básica foi de $0,478 \text{ g.cm}^{-3}$ com diminuição de 8,8% da base ao topo. O valor de densidade básica mais elevada do híbrido pode ser consequência da influência genética do *E. grandis*, que possui densidade básica média superior ao *E. urophylla*. Ambos clones tiveram o mesmo comportamento de densidade no sentido axial: superior na base, queda no DAP, aumento na posição 25% e diminuição crescente até o topo da árvore. A média da posição 50% foi a mais próxima da densidade básica média da árvore. Coelho et al. (2017) apresentou outro padrão de variação média da densidade básica de clones de *E. grandis* x *E. urophylla*, onde há tendência de aumento da densidade da base até a posição de 50% com um pequeno decréscimo a partir desta até a posição de 100%.

A posição de DAP e 50% corresponderam a média da árvore para *E. grandis* x *E. urophylla*, enquanto em *E. urophylla* apenas a posição 50% foi equivalente, embora as posições de 25 e 75% tenham apresentado menor amplitude em relação à média.

Os clones de *E. saligna* apresentaram densidade básica média de $0,49 \text{ g.cm}^{-3}$ e a menor variação entre os três clones, de 6,5% da base ao DAP. O comportamento foi caracterizado pelo maior valor de densidade na base (0%), seguido de diminuição no DAP, acréscimos seguidos até a posição 75%, e diminuição até a posição 100%. As posições de 25% e 50% da altura comercial foram as que apresentaram valores mais próximos da média das árvores inteiras.

De modo geral, as bases foram superiores às médias de densidade com 4, 6 e 4% para *E. grandis* x *E. urophylla*, *E. urophylla* e *E. saligna*, respectivamente. Possivelmente esse aumento seja para suportar o peso da parte aérea, com investimento em células mais espessas. Este comportamento de espessamento e alongamento celular, principalmente relacionado às fibras e diâmetro do lume também foi observado por Lima et al. (2019) em clones de *E. urograndis*. Pensando em tempo de formação do lenho, a base é mais antiga, desse modo, os elementos celulares em sua maioria atingiram o período de maturação.

O comportamento e variação axial da densidade da madeira foram descritos em outras pesquisas com eucalipto (ALZATE et al., 2005; PILLAI et al., 2013; COELHO et al., 2017). Todavia, fatores ambientais e genéticos contribuem para a heterogeneidade encontrada nos materiais.

O conhecimento da posição mais representativa da densidade básica média da árvore é importante para o uso racional da madeira. Pode evitar o abate da árvore, não havendo necessidade da retirada dos discos ao longo do fuste para determinação da densidade básica média da árvore. Com a posição mais representativa determinada, é possível utilizar métodos de amostragem semi-destrutivos ou não destrutivos, como a sonda de Pressler ou trado de incremento e o Resistógrafo.

4. CONCLUSÃO

Os três clones de eucalipto nos quatro diferentes ambientes apresentaram comportamento caracterizado por queda da densidade básica na posição do DAP seguido de aumento na posição 25%.

A posição de 50% foi a representativa da densidade média da árvore.

Cada clone expressa a variação da densidade básica da madeira no sentido base-topo de forma distinta conforme o ambiente de plantio. O sítio de Guanhães promoveu maior homogeneidade entre os clones. Os clones de *E. saligna* apresentaram a menor variação entre os três clones.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa TECHS pela concessão do material. Aos financiamentos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

REFERÊNCIAS

- ALZATE, S. B. A.; TOMAZELLO FILHO, M.; PIEDADE, S. M. S.; Variação longitudinal da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, *E. saligna* Sm. e *E. grandis* x *urophylla*. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 87-95, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941**: madeira - determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- CARNEIRO, M. F. **Qualidade da madeira de clones de eucalipto utilizados na produção de celulose**. 2017. 42f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.
- COELHO, S.; DILL, S.; ALMEIRA, B. R. S.; ANDRADE F. W. C. A. Variação intraespecífica da densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* cultivados no oeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBCTEM, 2017.
- COUTO, A. M.; PROTÁSIO, T. P.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F. Amostragens longitudinais alternativas para a determinação da densidade básica em clones de *Eucalyptus* sp. **Floresta e Ambiente**, Seropédica v. 19, n. 2, p.184-193, 2012.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ, Brasília, 2017, 80 p. Disponível em: <https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf> Acesso em: 30 jul 2019.
- LIMA, P. A. F.; DEMARCHI, J.; SILVA, M. F.; MORAES, M. D. A.; CALDAS, D. J.; SETTE, C. R. J. Qualidade da madeira de eucalipto para aplicação como mourão tratado. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 2, p.509-519, 2019.
- NAKAHAMA, K.; URATA, N.; SHINYA, T. HAYASHI, K.; NANTO, K.; ROSA, A. C.; KAWAOKA, A. RNA-seq analysis of lignocellulose-related genes in hybrid *Eucalyptus* with contrasting wood basic density. **BMC Plant Biology**, v. 18, n. 1, 2018.
- PÁDUA, F. A. **Amostragem para avaliação da densidade básica da madeira de um híbrido de *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T Blake**. 2009. 99f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- PILLAI, P.K. C.; PANDALAI, R. C.; DHAMODARAN, T. K.; SANKARAN, K.V. Wood density and heartwood proportion in eucalyptus trees from intensively-managed short rotation plantations in Kerala, India. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 25, n. 2, p. 220–227, 2013.
- SILVA, C. L.; ROLDÃO, B. C.; SANTOS, L. D. T.; HEIN, P. R. G. Lenho e casca de *Eucalyptus* e Acácia em plantios monoespecíficos e consorciados. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, 2018.

Capítulo 71

VARIABILIDADE CLIMÁTICA COMO FATOR INFLUENTE NA DENSIDADE DE MADEIRA DE EUCALIPTO

Tayná Rebonato Oliveira¹, Gabriela Aguiar Amorim¹, Ana Paula Câmara¹,
Jean Carlos Lopes de Oliveira¹, Maria Naruna Felix de Almeida¹,
Graziela Baptista Vidaurre¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: taynarebonato@hotmail.com

Resumo: O gênero *Eucalyptus* é amplamente plantado no Brasil e no mundo devido a sua plasticidade fenotípica, se tornando foco de diversos estudos sobre variações ambientais no crescimento e qualidade da madeira. O objetivo foi avaliar a influência do ambiente na densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. Foram coletados 4 clones de eucaliptos em cinco locais no Brasil, plantados sob espaçamento 3 x 3 m, aos 6 anos de idade. A densidade básica foi determinada pelo método de imersão. A média da densidade básica da madeira dos clones variou de 0,440 g.cm³ a 0,500 g.cm³. Os clones *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla* apresentaram variações consideráveis no crescimento, entretanto a densidade básica da madeira em cada sítio foi semelhante estatisticamente, mostrando serem pouco afetados pelas condições climáticas. O clone com material genético de *E. grandis* formaram mais grupos de valores de densidade da madeira, demonstrando uma maior suscetibilidade ao clima. Para todos os clones, o clima úmido apresentou as maiores médias de IMA.

Palavras chave: Condição de crescimento; Densidade básica; Variação ambiental; *Eucalyptus*.

CLIMATE VARIABILITY AS AN INFLUENT FACTOR ON EUCALYPTUS WOOD DENSITY

Abstract: The genus *Eucalyptus* is widely planted in Brazil and worldwide due to its phenotypic plasticity, becoming the focus of several studies on the behavior of wood with the environment, especially the climate. The objective of this work was to evaluate the influence of the environment on the basic wood density of *Eucalyptus* spp. Four eucalyptus clone were collected at five sites in Brazil, planted under 3 x 3 m spacing at 6 years of age. The basic density by the immersion method, performed with seven repetitions per clone. The average basic wood density of clone was 0,440 g.cm³ to 0,500 g.cm³. The clone *E. grandis* x *E. Urophylla* and *E. urophylla* showed considerable variations in growth, the basic wood density at each site was equal, showing to be little affected by climatic conditions. Clone with *E. grandis* genetic material formed more groups of wood density values, showing greater susceptibility to climate. For all clone, the humid climate presented the highest averages of MAI.

Keywords: Growth condition; Basic density; Environmental variation; *Eucalyptus*.

1. INTRODUÇÃO

O eucalipto é uma árvore natural da Austrália que, devido a ampla gama de espécies e híbridos adaptados para serem bem-sucedidos em regiões tropicais e subtropicais, possui plantios em vários países do mundo. No Brasil, entre 7,84 milhões de hectares totais de florestas nacionais plantadas, o gênero *Eucalyptus* corresponde a 71% dessa área (IBA, 2017).

A intensa utilização do gênero *Eucalyptus* nas indústrias de base florestal ocorre pelo elevado desempenho no campo quando comparado com outras espécies, como o rápido crescimento e versatilidade de uso da madeira (BATISTA; KLITZKE; SANTOS, 2010). Os híbridos são geneticamente modificados para se sobressaírem em vários aspectos (ASSIS, 2015), taxa de mortalidade, produtividade, crescimento. Entretanto, clones geralmente não contemplam um espectro grande de variações climáticas e, se considerarmos as alterações previstas para os próximos 20 anos, com aumento de até 1,5° C na temperatura média terrestre (IPCC, 2018), propriedades já melhoradas podem ser modificadas com o crescimento da árvore em um ambiente diferente do para o qual foi melhorada. Portanto, entender a influência de fatores ambientais na formação do vegetal é de grande relevância para o setor industrial florestal, principalmente em uma propriedade base para inúmeros fins produtivos, como a densidade.

A densidade básica da madeira pode variar conforme gradientes de recursos como solo, fertilidade e clima, sendo influenciada por condições de estresse hídrico (NABAIS, 2018), já tendo sido observadas variações na densidade básica do eucalipto entre 9 a 14% em relação às condições climáticas de cada região (ROCHA, 2018). Dessa forma, informações sobre a influência climática na densidade básica de eucalipto são importantes para melhor gestão das florestas considerando principalmente o uso do produto da madeira. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de clones de *Eucalyptus* em relação a densidade básica da madeira em diferentes ambientes de crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisados 4 clones de *Eucalyptus* (*E. urophylla* x *sp* – A1; *E. grandis* – Q8; *E. grandis* x *E. urophylla* – D4; *E. urophylla* – E5), sob espaçamento 3 x 3 m em parcelas com 120 plantas (8 linhas x 15 plantas), plantados em cinco localidades experimentais no Brasil (TABELA 1). O material analisado é proveniente do projeto “Tolerância de *Eucalyptus* Clonais aos Estresses Hídricos, Térmicos e Bióticos (TECHS), coordenado pelo Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF), na idade de 6 anos.

Tabela 1. Características meteorológicas dos sítios experimentais

Sítio/Código	Altitude (m)	Temperatura média (°C)	Ppt1 (mm.ano-1)	DH2	Clima3
Belo Oriente –MG/04	243	22,7	1102	290	Cwa
Guanhães – MG/05	873	20,7	952	215	BSh
Rio Verde – GO/07	681	22,5	1515	319	Aw
Inocência – MS/14	480	24,5	1173	315	As
Mogi Guaçu – SP/20	633	21,7	1187	116	Cwa

Nota: ¹Ppt: precipitação; ²DH: déficit hídrico; ³Cwa: clima temperado úmido com inverno seco e verão quente; BSh: clima das estepes quentes de baixa latitude e altitude; Aw: clima tropical com estação seca de inverno; As: clima tropical com estação seca de verão.

Foram selecionadas 7 árvores por clone em cada sítio, correspondente as classes diamétricas da parcela. Para a análise da densidade básica foram amostrados discos no sentido longitudinal do tronco, correspondente as posições: 0 (base); DAP; 25; 50; 75; 100% da altura comercial (diâmetro de 6 cm).

Para análise de densidade básica, foi retirada 1 cunha (45° de angulação) em cada disco, perfazendo 6 amostras por árvore. As cunhas foram imersas em água até completa saturação das fibras e deslocadas em balança semi-analítica para obtenção do volume deslocado. As amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 103 °C $\pm$ 2, e pesadas. O procedimento foi realizado de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora da ABNT (2003).

A massa seca foi obtida em kg. ha⁻¹. ano⁻¹, pela multiplicação de densidade básica pelo IMA, depois transformada em toneladas.

Os dados foram analisados por ANOVA e quando significativo foi realizada a comparação das médias pelo teste de Scott-Knott ($\alpha=5\%$), para avaliar a influência das condições climáticas da região na densidade de cada clone. Para avaliação da densidade ao longo do gradiente de déficit hídrico do solo, os sítios foram categorizados em sítios úmidos e sub úmidos, utilizando a classificação de climograma apresentado pelo relatório final do programa cooperativo TECHS – IPEF (2019) e a análise das médias de densidade foi realizada, também pelo teste de Scott-Knott ($\alpha=5\%$). Nesta análise, para cada sítio foi caracterizado o incremento médio anual (IMA) para os clones (TECHS – IPEF, 2019), determinado pela razão entre o volume de madeira acumulada pela idade do plantio. O volume foi obtido pela equação: $\ln(B_{ij}) = 1,85336 \ln(DAP) + 1,14136 \ln(H_{ij}) + \beta_j$ (MATTOS, 2015).

Tabela 2. Coeficientes específicos dos clones de *Eucalyptus* para cálculo de volume de madeira

Clone	β_j	β_1	β_2
E.urophylla x sp - A1	-4,30356	1,85336	1,14136
E. grandis - Q8	-4,31514		
E.grandis x E. urophylla - D4	-4,29000		
E. urophylla - E5	-4,45302		

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os clones avaliados obtiveram valores de densidade distintas em alguns sítios. Os clones *E. grandis x E. urophylla* e *E. urophylla* apresentaram valores de densidades semelhantes estatisticamente em todos os sítios, já o clone *E. urophylla x sp* e *E. grandis* tiveram pelo menos dois grupos distintos (FIGURA 1).

Cada região apresentou uma variação na precipitação e no déficit hídrico, Mogi Guaçu teve maior ppt com 1187 mm.ano⁻¹ enquanto Guanhães teve 952 mm.ano⁻¹. O menor déficit observado também foi em Mogi Guaçu com 116 mm.ano⁻¹. A sub-região pode influenciar na densidade básica da madeira, já que as condições climáticas e topográficas estão diretamente ligadas ao crescimento (LOPES, 2018), porém os clones *E. grandis x E. urophylla* e *E. urophylla* foram pouco afetados por essas diferenças climáticas dos locais.

Figura 1. Grupos formados dos 5 sítios experimentais, pelo teste de média de Scott Knott ($\alpha=5\%$)

Fonte: Mapa de classificação climática adaptado de Alvares et al. (2013).

Para o clone *E. urophylla* x sp a média da densidade teve diferenças estatísticas somente no sítio 4 que obteve uma média de 0,440 g.cm³, todos os outros sítios tiveram médias iguais a 0,478 g.cm³.

Os clones *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla*, obtiveram valores de densidade mais homogêneos entre os sítios. As densidades médias dos clones ficaram entre 0,499 g.cm³ a 0,500 g.cm³. Segundo Gomide et al. (2005), empresas de celulose tem dado prioridade para as madeiras com densidade básica entre 0,500 g.cm³, ou muito próximas a esse valor. Os valores encontrados foram muito semelhantes aos valores apresentados por Mauri et al. (2015), em que relata que as condições de crescimento desempenharam um papel importante e influência na densidade.

Os valores de densidade básica da madeira do clone de *E. grandis* formaram três grupos para os sítios, mostrando ser o mais influenciado, no que tange as condições climáticas. O clone apresentou a menor densidade no sítio 4 (0,450 g.cm³), nos sítios 5, 7 e 14 as densidades foram semelhantes e com a maior média (0,494 g.cm³).

O incremento médio anual (IMA) de cada clone teve variações distintas para cada sítio úmido e sub úmido (FIGURA 2). Para todos os clones, os sítios úmidos apresentaram IMA

maiores que os sítios sub úmidos. No híbrido *E. urophylla* x *sp*, o sítio com menor densidade também apresentou o menor IMA (sítio 4). Esse comportamento também foi observado no clone *E. grandis*, em que o sítio 4 teve menor IMA e menor densidade.

O híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, apesar da densidade semelhante em todos os sítios, os sítios 7 e 20 apresentaram IMA superior em aproximadamente $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em comparação aos outros 3. Apesar de média de densidade semelhante ao clone *E. grandis* x *E. urophylla* ($0,500 \text{ g.cm}^{-3}$), o clone *E. urophylla* ($0,499 \text{ g.cm}^{-3}$) apresentou um crescimento inferior a $45 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, enquanto em *E. grandis* x *E. urophylla* o menor IMA foi no sítio 4.

Fatores ambientais podem influenciar o crescimento da floresta, bem como as propriedades da madeira, sendo a disponibilidade de água, especialmente a seca, fator limitante (RIGATTO et al. 2004; ALMEIDA et al. 2007). Dentre essas propriedades, a densidade da madeira também é influenciada pelos fatores genéticos, ambientais e pela interação entre eles (RODRIGUES, 2017). Comparando a resposta de cada clone com os sítios úmidos e sub úmidos, nota-se que o *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla*, teve uma menor variação nos sítios, mantendo sua média de densidade, mesmo com a diferença dos sítios úmidos e sub úmidos, ou seja, disponibilidade de água.

Figura 2. Densidade básica da madeira de 4 clones de *Eucalyptus* aos 6 anos em função do climograma de sítios úmidos e sub úmidos

Nota: As letras correspondem ao teste de média por Scott Knott, em que letras iguais são semelhantes estatisticamente.

Os sítios úmidos apresentaram maiores valores de massa seca de madeira (MSM) que os sítios sub úmidos, para todos os clones (Figura 3). O clone de *E. urophylla* x *sp* foi o que apresentou maior MSM, o que pode ser explicado pelo fato de ter tido maiores IMA.

O sítio 7 da classe dos úmidos, foi o que se destacou, apresentando um MSM maior ou igual aos dos outros sítios úmidos. Dos sub úmidos o sítio 14 do clone de *E. urophylla* x *sp*, foi o que apresentou valores maiores que os sítios 4, 5 e 20. Meneses et al. (2015), em estudos sobre a produção de massa seca de madeira, relata que locais onde o índice pluviométrico é melhor, influencia positivamente na produção de madeira seca.

Figura 3. Massa seca da madeira de 4 clones de *Eucalyptus* aos 6 anos em função do climograma de sítios úmidos e sub úmidos

4. CONCLUSÃO

Os clones *E. grandis* x *E. urophylla* e *E. urophylla* apresentaram variações no crescimento, porém a densidade básica da madeira foi mantida, mostrando serem pouco afetados pelas condições climáticas para essa variável. Os clones *E. grandis* e *E. urophylla* x *sp* formaram mais grupos distintos de valores de densidade da madeira, demonstrando uma maior suscetibilidade ao clima. Para todos os clones, o clima úmido apresentou as maiores médias de IMA.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa TECHS pela concessão do material. Aos financiamentos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.C. et al. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production, **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 10-21, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-11941**: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.
- BATISTA, D.C; KLITZKE, R.J; SANTOS, V.C.T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.
- GOMIDE, J.L. et al. Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* do Brasil. **Árvore**, Viçosa, v.29, n.1, p.129-137, 2005.
- IBÁ- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Ibá 2017**: ano base 2016. São Paulo: IBÁ, 2017. 80p.
- IPEF. Programa cooperativo TECHS (Piracicaba, SP). Relatório final, **Tolerância de *Eucalyptus* clonais aos estresses hídricos, térmicos e biótico**. 2019.
- LOPES, I. L. **Avaliação e seleção de variáveis preditoras na estimativa da densidade da madeira de eucalipto**. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.
- MATTOS, E. M. **Caracterização da sazonalidade do crescimento do lenho, da copa e da eficiência do uso da luz em clones do gênero *Eucalyptus***. 130 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, 2015.
- MAURI, R. et al. Wood density of clones of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in different conditions of growth. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n.1, p.193-202, 2015.
- MENESES, V. A. et al. Efeito da idade e do sítio na densidade básica e produção de massa seca de madeira em um clone do *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p.101-116, 2015.
- MORI, C.L.S de O. et al. Influência da idade e altitude nas características anatômicas, químicas e de densidade básica da madeira de candeia – *Eremanthus erythropappus*, **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 825-836, 2010.

NABAIS, C. et al. The effect of climate on wood density: What provenance trials tell us? **Forest Ecology and Management**, New York, v. 408, p. 148-156, 2018.

RIGATTO, P.A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. Influência dos atributos do solo sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda* para produção de celulose kraft, **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 267-273, 2004.

ROCHA, S.M.G. **Densidade básica da madeira de eucalipto em gradientes climáticos no Brasil**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.

RODRIGUES, B.P. **Propriedades da madeira de eucalipto produzida em ambientes contrastantes**. 64 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

Capítulo 72

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E DESEMPENHO MECÂNICO DE PELLETS DE BIOMASSAS LIGNOCELULÓSICAS

*Sandra Bezerra da Silva¹, Marina Donária Chaves Arantes²,
Jaily Kerller Batista de Andrade³, Renato da Silva Vieira²,
Ana Flávia Neves Mendes Castro², Aldeni Lima de Menezes¹*

¹ Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre (Ufac), Brasil

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), Brasil

³ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: sandrabezerrasilva@yahoo.com

Resumo: Objetivou-se avaliar as características físicas e energéticas de *pellets* produzidos com diferentes biomassas lignocelulósicas para geração de bioenergia. Determinou-se a umidade e densidade a granel para as biomassas e *pellets*. Além disso, para os *pellets* foram mensuradas a durabilidade mecânica, teor de finos, compressão diametral, diâmetro, comprimento e densidade unitária. Observou-se aumento da densidade a granel, redução da umidade dos combustíveis produzidos, em comparação a biomassa *in natura*. As maiores médias de durabilidade mecânica foram obtidas pelos *pellets* produzidos com composições das biomassas. A compressão diametral variou entre 0,52 a 5,96 MPa para o *pellet* comercial e com 100% de capim-elefante, respectivamente. Os *pellets* produzidos com 100% de bagaço de cana-de-açúcar foram caracterizados com baixa compressão diametral. As menores médias para a porcentagem de finos, foram observadas nos *pellets* produzidos com composições de biomassas quando comparados aos produzidos com apenas uma biomassa. Observa-se que os *pellets* produzidos com mais de uma biomassa em sua composição obtiveram os menores diâmetros, e, o comprimento médio dos *pellets* variou de 12,87 a 17,85 mm. A densidade aparente unitária variou de 1.105 (CE50+BC50) a 1.265 kg m⁻³ (CE50+E50). Os *pellets* produzidos com composições de biomassas lignocelulósicas obtiveram melhores desempenhos quando comparados àqueles produzidos com apenas uma biomassa.

Palavras chave: Bioenergia; Fontes renováveis; Valorização de resíduos.

PHYSICAL CHARACTERIZATION AND MECHANICAL PERFORMANCE OF LIGNOCELLULOSTIC BIOMASS PELLETS

Abstract: The objective was to evaluate the physical and energetic characteristics of pellets produced with different lignocellulosic biomasses for bioenergy generation. Moisture and bulk density were determined for biomass and pellets. In addition, for pellets mechanical durability, fines content, diametric compression, diameter, length and unit density were measured. There was an increase in bulk density and a reduction in the moisture content of the fuels produced compared to fresh biomass. The highest averages of mechanical durability were obtained by pellets produced with biomass mixtures. Diameter compression ranged from 0.52 to 5.96 MPa for commercial pellet and 100% elephant grass, respectively. Pellets produced with 100% sugarcane bagasse showed low diametric compression. Regarding the percentage of fines, it is observed that the pellets produced with biomass mixtures presented the lowest averages when compared to those produced with only one biomass. It is observed that the pellets produced with more than one biomass in its composition had the smallest diameters and the average pellet length ranged from 12.87 to 17.85 mm. Unit apparent density ranged from 1,105 (EC50 BC50) to 1,265 kg m⁻³ (EC50 E50). The pellets produced with lignocellulosic biomass compositions had better performances when compared to those produced with only one biomass.

Keywords: Bioenergy; Renewable sources; Waste Recovery.

1. INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energia é estimulada pelas mudanças climáticas, decorrentes de grandes emissões de gases do efeito estufa no mundo. Desta forma, buscaram-se alternativas para a minimização do uso dos combustíveis fósseis por novas fontes energéticas, que possam garantir a sustentabilidade ambiental (OWUSU; ASUMADU-SARKODIE, 2016).

O Brasil é um país com produção agrícola e florestal relevante, e consequentemente, gerando coprodutos em quantidades que necessitam de destinação adequada e que poderiam ser utilizados para aumento da participação da biomassa na matriz energética nacional. A disponibilidade de biomassas, aliado a tecnologias de utilização da energia desses materiais poderá contribuir para minimizar as taxas de emissões de gases de efeito estufa (SCATOLINO et al., 2018).

Coprodutos agrícolas, florestais e agroindustriais produzidos no Brasil possuem potencial bioenergético (PROTÁSIO et al., 2013). Somado a isso, a demanda por *pellets* de fontes renováveis poderá crescer no mercado brasileiro (GARCIA et al., 2016; GARCIA et al., 2017a), por se tratar de biocombustíveis sólidos de alto valor energético. De acordo com Nunes et al. (2014), *pellets* produzidos a partir de coprodutos agrícolas, florestais e agroindustriais, tem potencial para geração de energia e serão interesse particular no futuro devido à escassez de matéria-prima para a produção dos mesmos.

Algumas alternativas para produção desses biocombustíveis sólidos é a utilização de matérias-primas de curta rotação, como o *Eucalyptus* spp. (GONÇALVES et al., 2015), o bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e a forrageira capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) (ARAGÓN-GARITA et al., 2016).

Entretanto, a baixa densidade, alta umidade, heterogeneidade granulométrica e sazonalidade na produção são fatores que inviabilizam a princípio, o transporte e a utilização das biomassas de curta rotação para fins energéticos. Para solucionar esses problemas existe a possibilidade de densificação dessas biomassas e produção de biocombustíveis sólidos de alta densidade e homogeneidade, como os briquetes ou os *pellets*. Há possibilidade de peletização destas biomassas lignocelulósicas “*in natura*” ou por meio de composições entre elas visando à melhoria da qualidade físico-química e térmica dos *pellets* e, consequentemente, adequação desses combustíveis às utilizações industriais e domésticas (PROTÁSIO et al., 2013; SCATOLINO et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar as características físicas e energéticas de *pellets* produzidos com diferentes biomassas lignocelulósicas para geração de bioenergia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados como matéria-prima a madeira de eucalipto de um clone do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* com 12 meses de idade; capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.); e bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). As biomassas foram secas, trituradas e classificadas em peneira com abertura de 5 mm de diâmetro; em seguida, foram realizadas as composições para produção dos *pellets* (Tabela 1).

Tabela 1. Composição das biomassas para produção dos *pellets*

Composição	Abreviação
100% capim-elefante	CE
100% bagaço de cana-de-açúcar	BC
50% capim-elefante + 50% eucalipto	CE50+E50
75% capim-elefante + 25% eucalipto	CE75+E25
50% capim-elefante + 50% bagaço de cana-de-açúcar	CE50+BC50
75% capim-elefante + 25% bagaço de cana-de-açúcar	CE75+BC25
*Pellet comercial	PC

Nota: * Amostra comercial de *pellet* de madeira de eucalipto.

Antes da peletização determinou-se a umidade e densidade a granel das biomassas de acordo com a metodologia descrita na norma DIN 14774-1 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2010a) e DIN 15103 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2010c), respectivamente.

A peletização foi realizada em peletizadora laboratorial com matriz plana horizontal e capacidade para produção de 110 kg h⁻¹. A temperatura de peletização foi de 80 °C para os *pellets* produzidos com capim-elefante e bagaço de cana-de-açúcar e de 95 °C para os produzidos com madeira de eucalipto em sua composição, uma vez que este último é um material mais denso. A pressão de compactação foi de aproximadamente 300 kgf cm⁻². O diâmetro e comprimento dos *pellets* foram obtidos seguindo a norma DIN 16127 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2012b), com medição de 100 *pellets* por composição, procedimento semelhante foi adotado por Scatolino et al. (2018) e Faria et al. (2016). A densidade unitária dos *pellets* foi determinada pelo método estereométrico, ou seja, o volume foi calculado considerando-se a forma cilíndrica dos *pellets* e a massa obtida em balança analítica a partir de 100 *pellets* por composição. A durabilidade e a porcentagem de finos dos *pellets* foram determinadas de acordo com a norma DIN 15210-1 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2010d). Os valores das propriedades dos *pellets* produzidos foram comparados com as especificações técnicas de *pellets* da norma alemã DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG - DIN 14961-6 para o controle de qualidade dos *pellets*.

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos (sete tipos de *pellets*) e diferentes números de repetições, pois cada propriedade foi determinada por meio de métodos laboratoriais específicos. Para a comparação múltipla das médias, utilizou-se o teste Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974), a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se maiores valores de densidade a granel (Tabela 2) e melhor desempenho mecânico nos *pellets* produzidos com composições de biomassas lignocelulósicas (Tabela 3), resultados que estão de acordo com os observados por Scatolino et al. (2018). O que mostra a importância da produção desses biocombustíveis com composições de biomassas, uma vez que, a densidade é um dos principais parâmetros que descreve a qualidade física desses biocombustíveis sólidos (TEMMERMAN et al. 2006).

Tabela 2. Médias de densidade a granel e umidade das biomassas e dos pellets

	Composições	Densidade a granel (kg m ⁻³)	Ubs (%)
Biomassa	CE	132,92 c	15,02 d
	BC	113,74 a	16,03 e
	CE50+E50	168,15 e	12,45 a
	CE75+E25	148,20 d	13,34 b
	CE50+BC50	125,96 b	14,34 c
	CE75+BC25	124,45 b	12,02 a
	CV (%)	1,49	0,10
Pellets	CE	654,10 C	8,83 B
	BC	574,74 A	9,85 C
	CE50+E50	690,09 E	8,12 A
	CE75+E25	669,47 D	8,05 A
	CE50+BC50	653,51 C	8,96 B
	CE75+BC25	669,04 D	8,22 A
	PC	615,65 B	8,13 A
	CV (%)	0,64	3,22

Nota: CE: 100% capim-elefante; E: 100% eucalipto; BC: 100% bagaço de cana-de-açúcar; CE50+E50: 50% capim-elefante + 50% eucalipto; CE75+E25: 75% capim-elefante + 25% eucalipto; CE50+BC50: 50% capim-elefante + 50% bagaço de cana-de-açúcar; CE75+BC25: 75% capim-elefante + 25% bagaço de cana-de-açúcar; PC: *pellet* comercial; Ubs: umidade na base seca; CV: coeficiente de variação. Médias seguidas de uma mesma letra minúscula (para as biomassas) e maiúscula (para os *pellets*), em uma mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste Scott-Knott.

De acordo com Possidônio et al. (2016), o processo de densificação da biomassa melhora as características físicas em comparação com a biomassa *in natura*, além de reduzir os custos de transporte, manuseio e armazenamento. Todos os *pellets* produzidos, com exceção dos *pellets* de 100% bagaço de cana-de-açúcar (BC), atenderam a norma DIN 14961-6 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2012a), que estabelece valor mínimo de densidade a granel de 600 kg m⁻³.

A umidade pode ser considerada uma das características mais relevantes ao se utilizar materiais lignocelulósicos para a geração de energia (DE SOUZA, 2012). No presente trabalho observa-se que o processo de compactação reduziu o teor de umidade quando se compara a biomassa *in natura* com os *pellets* produzidos (Tabela 2). Segundo Niedziółka et al. (2015), a biomassa deve possuir umidade dentro do intervalo de 8-15%. Dias et al. (2012), relatam que valores de umidade acima de 15% podem levar à quebra dos *pellets* ou à degradação biológica durante o transporte e armazenamento e é a principal causa na diminuição da qualidade e poder calorífico dos biocombustíveis sólidos.

Em relação a porcentagem de finos, observou-se menores médias para os *pellets* produzidos com composições de biomassas quando comparados aos produzidos com apenas uma biomassa (Tabela 3), o que também foi observado por Liu et al. (2016) e demonstra mais uma vantagem da composição de biomassas para produção de *pellets*. Os maiores valores de teores de finos foram observados nos *pellets* de bagaço de cana-de-açúcar, fato que pode ser atribuído a maior umidade desses biocombustíveis (Tabela 2).

Observou-se ainda maiores valores de densidades unitárias para os *pellets* com menores teores de finos (Tabela 3), provavelmente devido a maior durabilidade mecânica, a qual está correlacionado com a densidade (LARSSON; SAMUELSSON, 2017).

Tabela 3. Valores médios para finos, durabilidade mecânica, compressão diametral, diâmetro, comprimento e densidade unitária dos *pellets* produzidos com diferentes proporções de biomassas

Pellets	F (%)	D (%)	CD (MPa)	DI (mm)	C (mm)	DU (kg m ⁻³)
CE	2,36 B	96,58 B	5,96 E	6,19 E	17,07 D	1.221 B
BC	4,40 A	92,22 A	3,09 B	6,17 D	12,87 A	1.126 C
CE50+E50	1,06 C	98,66 D	5,16 D	6,14 B	17,85 E	1.265 A
CE75+E25	1,21 C	98,25 D	5,48 D	6,11 A	15,53 C	1.243 A
CE50+BC50	2,55 B	96,18 B	4,30 C	6,13 B	15,01 B	1.105 C
CE75+BC25	2,69 B	97,50 C	4,32 C	6,15 C	15,00 B	1.211 B
PC	3,37 B	92,55 A	0,52 A	6,40 F	21,05 F	1.122 C
CV (%)	28,09	0,54	20,43	1,02	9,27	9,75

Nota: CE: 100% capim-elefante; E: 100% eucalipto; BC: 100% bagaço de cana-de-açúcar; CE50+E50: 50% capim-elefante + 50% eucalipto; CE75+E25: capim-elefante - 75% + eucalipto - 25%; CE50+BC50: capim-elefante - 50% + bagaço de cana-de-açúcar - 50%; CE75+BC25: capim-elefante - 75% + bagaço de cana-de-açúcar - 25%; PC: *pellet* comercial; CV: coeficiente de variação; F: finos; D: durabilidade mecânica; CD: compressão diametral; DI: diâmetro; C: comprimento e DU: densidade unitária. Médias seguidas por uma mesma letra, em uma mesma coluna, não diferem entre si, a 5% de significância, pelo teste Scott-Knott.

As características dos *pellets* produzidos com madeira de eucalipto diferiram estatisticamente dos demais, e foram classificados como *pellets* do tipo A, conforme a norma DIN 14961-6 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2012a) que estabelece valores inferiores ou iguais a 2% para este tipo, enquanto que os *pellets* CE, CE50+BC50 e CE75+BC25, se enquadraram como *pellets* do tipo B (valores inferiores ou iguais a 3% de finos). Vale ressaltar que os *pellets* produzidos apenas com bagaço de cana-de-açúcar e o comercial não atenderam a referida norma.

As maiores médias de durabilidade mecânica foram obtidas pelos *pellets* produzidos com composições de biomassas (Tabela 3). A durabilidade é uma das medidas de qualidade dos *pellets* utilizada para avaliar a eficácia das ligações entre as partículas criadas durante o processo de densificação (SAID et al. 2014). Lehtikangas (2000) relata que *pellets* com baixa durabilidade mecânica tendem a gerar maior quantidade de partículas finas e desta forma podem obstruir a

caldeira do sistema de alimentação e ocasionar processos de combustão não homogêneos, além de aumentar os riscos de incêndio e explosão durante o manuseio, armazenamento e transporte.

Dentre os *pellets* produzidos, apenas o BC não atendeu ao requisito mínimo da norma DIN 14961-6 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2012a), que exige como classificação, para *pellets* do tipo B, valores de durabilidade mecânica iguais ou superiores a 96%. O *pellet* comercial não atendeu as exigências da norma DIN 14961-2 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2011), que estipula o mínimo de 96,5 para *pellets* do tipo B.

A compressão diametral variou entre 0,52 a 5,96 MPa para o *pellet* comercial e aquele com 100% capim-elefante, respectivamente. Foi observado baixa compressão diametral para os *pellets* produzidos com 100% de bagaço de cana-de-açúcar, o que pode ser explicado pela umidade e o tamanho das partículas desse material, o que pode ter dificultado a aglutinação das partículas durante o processo de peletização.

Observou-se que os *pellets* produzidos com mais de uma biomassa em sua composição obtiveram os menores diâmetros, assemelhando aos resultados reportados por Scatolino et al. (2018). De acordo com Liu et al. (2014) *pellets* com menores diâmetros e comprimentos proporcionam uma combustão mais homogênea, facilitando a alimentação do sistema de queima. O comprimento médio dos *pellets* variou de 12,87 a 17,85 mm e pode estar relacionado com o tempo de permanência do material na matriz perfurada durante a peletização e com o sistema de alimentação da peletizadora.

O diâmetro e comprimento dos *pellets* atenderam às exigências estabelecidas pela norma DIN 14961-6 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, 2012a), classificando-se como *pellets* do tipo A, com diâmetro dentro da faixa de 6 ± 1 mm e comprimento de 3,15 a 40 mm. A densidade aparente unitária variou de 1.105 (CE50+BC50) a 1.265 kg m⁻³ (CE50+E50), sendo que estas diferenças podem ser atribuídas às distintas densidades e componentes químicos de cada material e, conseqüentemente, pela resistência à compressão durante o processo de peletização (PROTÁSIO et al., 2015).

4. CONCLUSÃO

Os *pellets* produzidos com 50% de madeira de eucalipto e 50% de capim elefante se destacaram quanto a densidade a granel, durabilidade mecânica e densidade unitária.

Os *pellets* produzidos com composições de biomassas obtiveram melhor desempenho que aqueles produzidos com apenas uma biomassa. Os resultados comprovam a influência das composições lignocelulósicas nas propriedades físicas, químicas e energéticas de *pellets*.

O desempenho dos *pellets* produzidos com composições de biomassas lignocelulósicas foi superior ao *pellet* comercial de madeira de eucalipto e atenderam as exigências das normas internacionais de qualidade e, conseqüentemente, podem ser comercializados para outros países

5. AGRADECIMENTOS

A CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado do primeiro autor; às empresas Eng-Maq Ltda e Raízen Energia S/A pela doação dos *pellets* comerciais e bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente; ao Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Goiás-Regional Jataí pelo auxílio na produção dos *pellets* e ao Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) da Universidade Federal de Viçosa pelo auxílio nas análises.

REFERÊNCIAS

- ARAGÓN-GARITA, S. et al. Production and quality analysis of pellets manufactured from five potential energy crops in the Northern Region of Costa Rica. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 87, n. 1, p. 84-95, 2016.
- DE SOUZA, M. M. et al. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 325-334, 2012.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 14774-1**: Determination of moisture content - Oven dry method-Part 1: Total moisture -Reference method. Berlin: CEN, 2010a. 10 p.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 14961-2**: Solid biofuels: Fuel specifications and classes-Part 2: Wood pellets for non-industrial use. Berlin: CEN, 2011. 15 p.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 14961-6**: solid biofuels: fuel specifications and classes: part 6, non-woody pellets for non-industrial use. Berlin: CEN, 2012a. 16 p.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15103**: Determination of bulk density. Berlin: CEN, 2010c. 14 p.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 15210-1**: Solid biofuels- Determination of mechanical durability of pellets and briquettes-Part 1: Pellets. Berlin: CEN, 2010d. 12 p.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN EN 16127**: Determination of length and diameter of pellets. Berlin: CEN, 2012b. 11 p.
- DIAS, J. M. S. et. al. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2012. 132 p.
- FARIA, W. S. et al. Transformação dos resíduos lignocelulósicos da cafeicultura em *pellets* para geração de energia térmica. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 137-147, 2016.
- GARCIA, D. et al. Trends and challenges of brazilian pellets industry originated from agroforestry. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 3, p. 233-240, 2016.
- GARCIA, D.; CARASCHI, J.; VENTORIM, G. O setor de *pellets* no Brasil. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 8, n. 1, p. 21-28, 2017a.
- GONÇALVES, B. et al. Influence of bark on the physical and thermal decomposition properties of short-rotation *Eucalyptus*. **BioEnergy Research**, New York, v. 8, n. 3, p. 1414-1423, 2015.
- LARSSON, S. H.; SAMUELSSON, R. Prediction of ISO 17831-1:2015 mechanical biofuel pellet durability from single pellet characterization. **Fuel Processing Technology**, Amsterdam, v. 163, n. 1, p. 8-15, 2017.
- LEHTIKANGAS, P. Storage effects on pelletised sawdust, logging residues and bark. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 287-293, 2000.
- LIU, Z. et al. Improved bulk density of bamboo pellets as biomass for energy production. **Renewable Energy**, v. 86, n. 2, p. 1-7, 2016.
- LIU, Z.G.; QUEK, A.; BALASUBRAMANIAN, R. Preparation and characterization of fuel pellets from woody biomass, agro-residues and their corresponding hydrochars. **Applied Energy**, v. 113, n. 1, p. 1315-1322, 2014.

- NIEDZIÓŁKA, I. et. al. Assessment of the energetic and mechanical properties of pellets produced from agricultural biomass. **Renewable Energy**, v. 76, p. 312-317, 2015.
- NUNES, L. J. R.; MATIAS, J. C. O.; CATALÃO, J. P. S. Mixed biomass pellets for thermal energy production: A review of combustion models. **Applied Energy**, v. 127, p. 135-140, 2014.
- OWUSU, P. A.; ASUMADU-SARKODIE, S. A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. **Cogent Engineering**, v. 3, n. 1, p. 1167990, 2016.
- POSSIDÔNIO, E. F. S. C. et al. Biomass supply chain analysis with densified waste. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 355-362, 2016.
- PROTÁSIO, T. de P. et al. Brazilian lignocellulosic wastes for bioenergy production: characterization and comparison with fossil fuels. **BioResources**, Railegh, v. 8, n. 1, p. 1166-1185, 2013.
- PROTÁSIO, T. de P. et al. Caracterização energética de *pellets in natura* e torreficados produzidos com madeira residual de *Pinus*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 35, n. 84, p. 435-442, 2015.
- SAID, N. et al. Reduction of ash sintering precursor components in rice straw by water washing. **BioResources**, Railegh, v. 9, n. 4, p. 6756-6764, 2014.
- SCATOLINO, M. V. et al. Options for generation of sustainable energy: production of pellets based on combinations between lignocellulosic biomasses. **Waste and Biomass Valorization**, Dordrecht, v. 9, n. 3, p. 479-489, 2018.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 2, p. 507-512, 1974.
- TEMMERMAN, M. et al. Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 30, n. 11, p. 964-972, 2006.

Capítulo 73

VARIAÇÃO LONGITUDINAL E RADIAL DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE JUREMA-PRETA (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.)

Jaqueline Rocha de Medeiros¹, Jaily Kerller Batista de Andrade¹,
Juarez Benigno Paes¹, Camilla de Oliveira Souza¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: jaquelinerocha256@gmail.com

Resumo: A espécie florestal jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.) está distribuída em vários estados do Semiárido Brasileiro, podendo ser utilizada para moirões, estacas e finalidades energéticas. O seu potencial energético é conferido pela alta densidade de sua madeira. Encontra-se nos estágios iniciais de sucessão, e por isso, é de importância para a região, que se encontra em degradação desordenada. Esse estudo teve como objetivo avaliar o comportamento da densidade da madeira da *Mimosa tenuiflora*, e a sua variação nos sentidos longitudinal e radial. As amostras de madeira para o desenvolvimento da pesquisa foram coletadas no Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido (Nupeárido), Patos, Paraíba. Para tanto, foram colhidas 10 árvores, e de cada uma delas foram retirados seis discos, de acordo com a altura comercial nas posições de 0, 25, 50, 75 e 100% e DAP (diâmetro a altura do peito, tomado a 1,30m do nível do solo). Dos discos foram retiradas duas cunhas opostas, sendo uma utilizada para a análise da variação da densidade básica, no sentido base-topo e a outra foi dividida em três partes, para avaliar a variação no sentido medula-casca. Os valores das variações da densidade no sentido medula-casca e base-topo foram avaliados em termos da média aritmética. A porção da amostra mais perto da medula apresentou maior valor, já para a variação no sentido base-topo, o disco retirado no DAP, possuiu a maior densidade.

Palavras chave: Espécie florestal do semiárido; massa específica; perfil de variação da densidade.

LONGITUDINAL AND RADIAL VARIATION OF THE BASIC DENSITY OF *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. WOOD

Abstract: The forest species *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. is distributed in several states of the Brazilian semiarid region, and can be used for fence posts, stakes and energy purposes. The high density of its wood confers its energetic potential. It is in the early stages of succession, and therefore it is of importance for the region, which is in disorderly degradation. This study aimed to evaluate the wood density behavior of *tenuiflora* Mimosa, and its variation in the longitudinal and radial directions. The wood samples for the development of the research were collected at the Research Center for the Development of the Semiarid Tropic (Nupeárido), Patos, State of Paraíba, Brazil. For this purpose, 10 trees were harvested, and from each of them six discs were removed, according to the commercial height in the positions of 0, 25, 50, 75 and 100% and DBH (diameter at breast height, taken at 1,30m from ground level), which were taken to the Forestry Products Laboratory of the Federal University of Campina Grande. Two opposite wedges were removed from the discs, one of this, was used for the analysis of the variation of the basic density, and in the base-top direction and the other was divided into three parts, to evaluate the variation in the pith-bark direction. The values of density variations in the pith-bark direction and base-top were evaluated in terms of the arithmetic mean. The portion of the sample closest to the pith showed higher value, already for the variation in the base-top direction, the disc removed in the DBH, exhibited the highest density.

Keywords: Semiarid forest species; specific mass; density variation profile.

1. INTRODUÇÃO

A Região Semiárida ocupa uma área de 969.589 km² (BRASIL, 2005) abrangendo os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais. É caracterizada por chuvas distribuída em curto espaço de tempo, provocando um déficit hídrico. A Caatinga é o bioma predominante, a qual apresenta vegetação xerófila, onde a maioria das espécies são caducifólias.

Dentre as espécies arbóreas de maior ocorrência da Caatinga está a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), que é uma pioneira e se desenvolve em clareiras e áreas degradadas, sendo tolerante a luz (AZEVEDO, 2012). Devido sua capacidade de desenvolvimento em áreas que se encontram em degradação, a espécie apresenta importância para a região, que se encontra em estado de degradação constante, em decorrência da exploração desordenada. A espécie é usada para moirões e estacas, além de ser forrageira (MAIA, 2004).

Outro potencial é a destinação para energia, pelo alto valor energético de sua madeira que varia de 0,91 a 1,12 g/cm³, o que confere a madeira de jurema-preta alta resistência e potencial energético. A densidade pode variar de acordo com a estrutura anatômica e características químicas, sendo influenciada pela idade e condições do ambiente. Essa variação pode ocorrer nos sentidos base-topo e medula-casca (MELO et al., 2013).

A densidade reflete a quantidade de madeira lenhosa, por unidade de volume. Está diretamente relacionada a outras propriedades da madeira, considerada um dos parâmetros de qualidade da madeira (MATTOS et al., 2011). Dessa forma, é necessário entender o comportamento da variação da densidade dentro da árvore de jurema-preta, a fim de melhor conhecer suas propriedades tecnológicas e indicar melhores usos. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento da densidade da madeira da *Mimosa tenuiflora*, e a sua variação nos sentidos longitudinal e radial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material usado na pesquisa foi coletado no Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido (Nupeárido), localizado nas coordenadas geográficas 07°5'10"N e 37°15'43"W, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos, estado da Paraíba, Brasil.

Os dados foram obtidos de 10 indivíduos de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.). De cada árvore foram retirados seis discos, com diâmetro variando de 3 a 9 cm. A coleta foi realizada a 0 (altura de corte), 25, DAP, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco. Os discos foram identificados de acordo com a árvore e posição e, levados ao Laboratório Tecnologia de Produtos Florestais da UFCG, Patos, PB. De cada disco foi retirado duas cunhas da medula até a casca (Figura 1).

Figura 1. Amostragem dos discos (A) e da cunha, base-topo (B) e medula-casca (C); em que: 1 - próxima a medula, 2 - intermediária e 3 - periférica

Fonte: Autores (2020).

Para analisar a variação da densidade no sentido base-topo a cunha foi avaliada inteira. Para a análise da densidade no sentido medula-casca a cunha foi subdividida em três partes, conforme a Figura 1. Para a determinação da densidade, as amostras foram submersas em água por uma semana, até a completa saturação. Posteriormente, foram imergidas em um béquer contendo água, e por meio do deslocamento do líquido, foi obtido o volume. Para a massa seca, elas foram dispostas em estufa de circulação de ar, mantida a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, por 72 horas até atingirem massa constante. Para cada amostra foi determinada a densidade básica, conforme estabelecido pela Norma Brasileira – NBR 119451, Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da densidade da madeira no sentido medula-casca é classificada em quatro classes, conforme descrito por Panshin e De Zeeuw (1980), (Tabela 1). A madeira estudada obteve valores de 0,908 (posição 1), 0,892 (posição 2) e 0,825 g cm^{-3} (posição 3), conforme apresentado na Figura 2. Assim a madeira avaliada localiza-se na classe IV, onde a densidade é decrescente da medula para a casca.

Tabela 1. Classificação da variação da densidade básica da madeira no sentido medula-casca

Perfil da variação radial da densidade	Classe
Crescente da medula para a casca	I
Alta na medula, decrescendo nos primeiros anéis e aumentando o máximo próximo a casca	II
Densidade aumentada próximo a medula, depois permanecendo mais ou menos constante, podendo decrescer próximo a casca	III
Decrescente da medula para a casca	IV

Fonte: Modificado de Panshin e De Zeeuw (1980).

A madeira de jurema-preta apresentou maior densidade na região interna, próximo à medula, e diminui em direção a casca (Figura 2). Esse resultado difere de alguns trabalhos citados na literatura, como os realizados por Oliveira e Silva (2003) e Melo et al. (2006), em que a densidade próxima à medula foi mais baixa, por causa do lenho ser formado por madeira juvenil, que possui fibras mais longas e paredes celulares menos espessas, conferindo menor densidade, quando comparado à madeira adulta. Melo et al. (2006) encontrou, para a madeira da mesma espécie, que a posição 1 localizada próxima à medula, teve menor densidade. Os resultados obtidos no presente trabalho podem ter sido influenciados pela idade das árvores e qualidade dos sítios.

Figura 2. Variação da densidade básica média da madeira de *Mimosa tenuiflora* no sentido medula casca

Resultados similares aos obtidos por Melo et al. (2006) também foram observados por Oliveira e Silva (2003) para a madeira de *Eucalyptus saligna* e por Melo et al. (2014), para a madeira de paricá. Para essas espécies a variação da densidade básica foi crescente na direção

medula-casca, tendo esse comportamento sido explicado pelas posições mais próximas da medula serem formadas por lenho juvenil.

Na direção base-topo (Figura 3), o perfil da variação da densidade apresentou um comportamento desuniforme. O disco retirado na altura de corte, teve uma média de $0,805 \text{ g cm}^{-3}$ decaindo para $0,794 \text{ g cm}^{-3}$ na porção de 25%. As amostras das porções de 50 e 75% resultaram na menor densidade, com $0,788$ e $0,787 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente. Na amostra retirada do topo da árvore, a densidade aumentou, exibindo um valor médio de $0,792 \text{ g cm}^{-3}$. Isto pode ser explicado pela inserção dos ramos da copa. Esse fato pode ter causado modificações anatômicas, promovido pelo aumento da proporção de lenho de reação.

Figura 3. Variação da densidade básica média da madeira de *Mimosa tenuiflora* no sentido base-topo

A densidade média à altura do DAP exibiu o maior valor. A jurema-preta exibe muitas ramificações, observadas da base até próximo à altura do DAP. Essas ramificações causam deformações que modificam a anatomia da madeira, resultando na faixa de densidade maior até o DAP.

4. CONCLUSÃO

A densidade básica da madeira de jurema-preta decresceu da medula para a casca, ocasionado pela idade das plantas amostradas, qualidade do sítio e pela presença de galhos. Para a variação no sentido base-topo, o disco retirado no DAP possuiu a maior densidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS- **NBR 11941**: madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

AZEVEDO, S. M. A.; BAKKE, I. A.; BAKKE, O. A.; FREIRE, A. L. O. Crescimento de plântulas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poiret) em solos de áreas degradadas da Caatinga. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 9, n. 3, p. 150-160, 2012.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília: MIN, 2005. 32p.

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413p.

MATTOS, B.D.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; CALEGARI, L.; MELO, R. R.; SANTINI, E.J. Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p. 121-126, 2011.

MELO, L. E. L.; SILVA, C. J.; PROTÁSSIO, T. P.; TUGILHO, P. F.; SANTOS, I. S.; URBINATI, C. V. Influence of spacing on some physical properties of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke). **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p.483-490, 2014.

MELO, R. R.; SILVESTRE, R.; OLIVEIRA, T.M.; PEDROSA, T. D. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. com diferentes idades. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 83-92, 2013.

MELO, R.R.; PAES, J.B.; LIMA, C.R.; FERREIRA, A.G. Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semi-árido. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v 4, n.7, p.1-8, 2006.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

PANSHIN, A. J.; De ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**: structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 705p.

Capítulo 74

DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS DA MADEIRA POR MÉTODOS ACÚSTICOS DE AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA

*Daiana Souza de Jesus¹, Jonnys Paz Castro¹, Taiane Oliveira Guedes²,
José Reinaldo Moreira da Silva², João Vicente de Figueiredo Latorraca¹*

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

² Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras (Ufla), Brasil

Autores correspondentes: daysouza9@hotmail.com

Resumo: As técnicas acústicas de avaliação não destrutiva têm se mostrado muito promissoras e eficientes para estimar as propriedades da madeira, estando diretamente relacionadas com as propriedades elásticas do material. O objetivo deste estudo foi determinar a correlação entre o módulo de elasticidade estático (E_M) e dinâmico (E_{din}) obtidos de testes acústicos não destrutivos e ensaio destrutivo. Para isso, foram utilizadas as madeiras de *Bertholletia excelsa* (castanheira) e *Pinus* sp. para confecção de corpos de prova de flexão estática, os quais foram ensaiados com o equipamento de ultrassom, Fakoop e em máquina universal de ensaios. Foi determinada a densidade aparente ($U = 12\%$). Foi feita análise de variância e teste t dos métodos e a correlação entre valores de módulo de elasticidade estimados e obtidos pela máquina universal. Foram observadas boas correlações entre o E_M obtido pelo ensaio de flexão estática e o E_{din} obtido pelo método de ultrassom, $R^2 = 0,89$ para castanheira e $R^2 = 0,95$ para pinus. Boas correlações também foram obtidas pelo método de ondas de tensão, $R^2 = 0,70$ para castanheira e $R^2 = 0,90$ para pinus. Os dois métodos foram considerados adequados para a determinação indireta do módulo de elasticidade (E_i) na madeira.

Palavras chave: Ultrassom, propagação de ondas, módulo de elasticidade, propriedades mecânicas.

DETERMINATION OF ELASTIC WOOD PROPERTIES BY NON-DESTRUCTIVE ASSESSMENT ACOUSTIC METHODS

Abstract: The non destructive evaluation acoustic techniques have been very promising and efficient to estimate the wood properties, being directly related to the elastic properties of the material. The aim of this study was to determine the correlation between static (E_M) and dynamic (E_{din}) modulus of elasticity obtained from non-destructive acoustic tests and destructive testing. For this, the wood of *Bertholletia excelsa* (castanheira) and *Pinus* sp. For the preparation of static bending specimens, they were tested with the ultrasound equipment, fakoop and the universal testing machine. Bulk density ($U = 12\%$) was determined. Analysis of variance and t-test of the methods were performed and the correlation between elastic modulus values estimated and obtained by the universal machine. Good correlations were observed between the E_M obtained by the static bending test and the E_{din} obtained by the ultrasound method, $R^2 = 0.95$ for pine and $R^2 = 0.89$ for chestnut. Good correlations were also obtained by the voltage wave method, $R^2 = 0.90$ for pine and $R^2 = 0.70$ for chestnut. Both methods were considered adequate for the indirect determination of E_i in wood.

Keywords: Ultrasound, wave propagation, modulus of elasticity, mechanical properties.

1. INTRODUÇÃO

A avaliação não destrutiva é a ciência de identificar propriedades físico-mecânicas de uma peça de material sem modificar suas características e aplicação final, usando essas informações para tomar decisões sobre suas aplicações (ROSS et al., 2005). A área de avaliação não-destrutiva está em constante evolução, especialmente no setor madeireiro.

As técnicas acústicas de avaliação não destrutiva têm se mostrado muito promissoras e eficientes para estimar as propriedades da madeira, sendo métodos de medição *in situ* relativamente rápidos e acessíveis. Estas técnicas são baseadas na propagação de ondas sonoras, que estão diretamente relacionadas com as propriedades elásticas do material através do qual se propagam (TEDER et al., 2011). Os métodos acústicos mostraram-se confiáveis na determinação das propriedades da madeira em diferentes formas: na árvore, em toras e madeira em decomposição (HASSAN et al., 2013).

A propagação de ondas de tensão na madeira é um processo dinâmico que está diretamente relacionado às propriedades físico-mecânicas (KRÁNITZ, 2015). Uma das propriedades mecânicas mais importantes, que pode ser medida por tais métodos é o módulo de Young, ou seja, o módulo de elasticidade (E_i), que descreve a rigidez do material. Um alto valor de E_i indica uma alta resistência da madeira à deformação (LIANG e FU, 2007). O módulo de elasticidade e a densidade do material afetam fortemente as propriedades acústicas da madeira (TEDER et al., 2011).

Diversos estudos já foram realizados para estimar a correlação entre as propriedades dinâmicas e estáticas que concluíram que o módulo de elasticidade dinâmico (E_{din}) é maior que o estático (MATSUMOTO e TSUTSUMI, 1968). As pesquisas anteriores demonstram que o valor do E_{din} obtido pelas diferentes técnicas acústicas não destrutiva é de aproximadamente 10% a 20% (até 40%) do que o EM (NIEMZ e MANNES, 2012; HASSAN et al., 2013; KRÁNITZ, 2015).

O objetivo deste estudo foi determinar a correlação entre o módulo de elasticidade estático e dinâmico obtidos de testes acústicos não destrutivos e ensaio destrutivo, aplicados à madeira de duas espécies florestais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Foi utilizado madeira de 3 árvores de *Bertholletia excelsa* (castanheira) de 23 anos de idade e 3 árvores de *Pinus sp.* (pinheiro) de 20 anos, provenientes de desbaste de plantio experimental da Universidade Federal de Lavras. Foram confeccionados 20 corpos de prova de cada espécie para ensaio mecânico de flexão estática com dimensões de $41 \times 2,5 \times 2,5$ cm (ASTM, 1994). Os corpos de prova foram aclimatados em câmara de climatização ($T = 20 \pm 3$ °C e $UR = 60 \pm 5$ %), para estabilização da umidade em 12 %. Foi determinada a densidade aparente do material pelo método de medição direta do volume por paquímetro.

2.2 Ensaio com ultrassom

O ensaio não destrutivo foi realizado com o equipamento ultrassom, cujos transdutores foram colocados na superfície radial das amostras de teste (Figura 1).

A velocidade da onda sonora v (m/s) foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$V = L/t \quad (1)$$

Em que L representa o comprimento da amostra (m) e t é o tempo de propagação da onda (s).

Figura 1. Corpo de prova da madeira conectado aos transdutores do ultrassom para aferição das ondas sonoras

O mesmo mede a velocidade de propagação da onda sonora no sentido longitudinal do corpo de prova. Com essa informação foi calculado o módulo de elasticidade dinâmico obtido por ultrassom (E_{dinU}) (Equação 2).

$$E_{din} = V^2 \times \rho \quad (2)$$

Em que: E_{din} = módulo de elasticidade (GPa); V = velocidade de propagação da onda ($m.s^{-1}$) e ρ = densidade aparente ($g.cm^3$).

2.3 Ensaio de vibração longitudinal

As amostras foram ensaiadas com equipamento de ondas de tensão (Fakopp Microsecond Timer - Fakopp Enterprise) para obtenção da velocidade de percurso da onda no material.

Os transdutores foram posicionados na superfície tangencia das amostras a uma distância de 36 cm (Figura 2). As ondas foram produzidas pelo impacto de um martelo no primeiro transdutor e recebidas pelo segundo. Foi obtido assim o tempo de propagação da onda ao longo do material. Após se estimar a velocidade (Equação 1) foi obtido o módulo de elasticidade dinâmico pelo Fakopp (E_{dinF}) (Equação 2).

Figura 2. Corpo de prova da madeira conectado aos transdutores do Fakopp para aferição das ondas sonoras

2.4 Ensaio destrutivo

Os corpos de prova também foram submetidos ao ensaio destrutivo de flexão estática para obtenção do módulo de elasticidade estático (EM) pela máquina universal de ensaios (ASTM, 1994).

2.5 Análise dos dados

Para análise estatística foi feita análise de variância e teste t dos métodos. Um modelo de regressão linear foi utilizado para definir o grau de correlação dos fatores selecionados. Para todas as análises, foi considerada o nível de significância de 95% ($\alpha = 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade das amostras de madeira de castanheira utilizadas neste estudo foi de 706 $kg.m^{-3}$, e a madeira de pinus teve uma densidade de 596 $kg.m^{-3}$ com um teor de umidade de 12 %. Todos os valores médios do E_i obtidos a partir dos métodos não destrutivos e destrutivos podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de módulo de elasticidade da madeira de castanheira e pinus determinado por diferentes métodos

Método	Castanheira (GPa)	Pinus (GPa)
Ultrassom	18,38 (7,69)	17,85 (27,69)
Fakopp	14,26 (12,72)	14,00 (23,07)
Flex. Estática	11,93 (4,75)	11,95 (23,06)

Nota: Valores entre parênteses se referem ao coeficiente de variação (%). GPa: Giga Pascal.

Os valores do E_{din} , para ambos os métodos, foram maiores que os obtidos método de flexão estática, conforme o esperado. Isso confirmou os resultados de estudos anteriores (NIEMZ e MANNES, 2012; HASSAN et al., 2013, OBERHOFNEROVÁ et al. 2016). A diferença entre o E_{din} e o módulo de elasticidade estático é atribuído ao comportamento viscoelástico e propriedades de amortecimento da madeira. Quando uma força é aplicada por um período muito curto, a madeira apresenta comportamento elástico e, quando uma força é aplicada por mais tempo, a madeira comporta-se como um material viscoso (HALABE et al., 1997).

Foi determinada a correlação entre o E_M e o E_{din} para madeira de castanheira (Figura 3). Apesar dos valores de E_{dinF} obtidos pelo método de ondas de tensão (Fakopp) terem sido mais próximos aos valores do E_M (Tabela 1), obtidos pelo ensaio de flexão estática, a correlação entre o E_{dinU} pelo método de ultrassom foi superior ($R^2=0,89$).

As relações observadas foram semelhantes às encontradas de Liang e Fu (2007), que relataram que o E_{dinU} obtido a partir de ondas ultrassônicas estava mais próxima do E_M estático e resultava em maior grau de precisão do que as técnicas de tensão.

Figura 3. Correlação entre o módulo de elasticidade dinâmico e estático obtidos pelo método de ultrassom e Fakopp (ondas de tensão) em madeira de castanheira

Correlações mais fortes foram observadas entre as duas técnicas não destrutiva e o módulo de elasticidade obtido do ensaio de flexão estática nos ensaios realizados na madeira de pinus (Figura 4). O módulo de elasticidade dinâmico obtido do ensaio realizado com o ultrassom, novamente, apresentou maior correlação ($R^2= 0,95$) do que o E_{dinF} obtido com o equipamento Fakopp ($R^2= 0,90$).

Figura 4. Correlação entre o módulo de elasticidade dinâmico e estático obtidos pelo método de ultrassom e Fakoop (ondas de tensão) em madeira de pinus

Os modelos de regressão desenvolvidos foram estatisticamente significativos a 0,05 de nível de confiança para todas as relações. Vários estudos mostraram uma boa relação entre o módulo dinâmico de elasticidade e o módulo estático de elasticidade da madeira (YANG et al., 2002; ROSS et al., 2005; WANG et al. al., 2008).

A velocidade de propagação da onda, que afeta diretamente o módulo de elasticidade dinâmico, obtido pelo método do ultrassom, foi maior nas amostras de pinus ($v = 5417$ m/s; CV = 10,7%) do que nas amostras de castanheira ($v = 5001$ m/s; CV = 3,5%). Resultados semelhantes foram obtidos pelo método de ondas de tensão para pinus ($v = 4823$ m/s; CV = 9,6%) e castanheira ($v = 4490$ m/s; CV = 6,5%). Uma velocidade de som mais baixa caracterizou as amostras de castanheira. A velocidade da onda acústica pode ser afetada pelo teor de umidade, temperatura, orientação da grã, densidade, regiões apodrecidas e também pela geometria da amostra e pelo comprimento das fibras e dimensões dos raios (BAAR et al., 2013). A diferença de velocidade pode ser causada por uma estrutura anatômica diferente no pinus e na castanheira (SAADAT-NIA et al., 2011). A presença dos vasos na castanheira pode diminuir a velocidade da onda, devido ao fato de que a mesma tenta evitar esses elementos e passar pelo material sólido (OBERHOFNEROVÁ et al., 2016).

Nos estudos de Soederegger et al. (2015) e Oberhofnerová et al. (2016), que avaliaram madeira de abeto e carvalho, foram encontrados resultados semelhantes ao do presente trabalho. Nas duas pesquisas, os valores de módulo de elasticidade dinâmico obtido por ultrassom para madeira abeto (conífera) foram superiores aos para madeira de carvalho (folhosa). A explicação dada pelos autores é que esse comportamento se deve à alta variabilidade da densidade da madeira.

4. CONCLUSÃO

Os valores do módulo de elasticidade dinâmico obtidos por métodos acústicos não destrutivos foram maiores que o módulo de elasticidade estático obtido pelo método de flexão estática. Os métodos não destrutivo de ultrassom e onda de tensão apresentaram boa correlação com o método destrutivo, para ambas as espécies, sendo os mesmos considerados adequados para a avaliação da madeira e determinação indireta do módulo de elasticidade. A distinção anatômica entre as espécies, entre outros fatores, influencia na velocidade de propagação da onda.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – **ASTM D 143-14**: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber Standards. West Conshohocken, Annual Book of ASTM. 1994.
- BAAR, J.; TIPPNER, J.; GRYC, V. The Relation of Fibre Length and Ray Dimensions to Sound Propagation velocity in wood of selected Tropical Hardwoods. **Iawa Journal**, [s.l.], v. 34, n. 1, p.49-60, 1 jan. 2013.
- HASSAN, K. T. S.; HORÁČEK, P.; TIPPNER, J. Evaluation of Stiffness and Strength of Scots Pine Wood Using Resonance Frequency and Ultrasonic Techniques. **Bioresources**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.1634-1645, 6 fev. 2013.
- KRÁNITZ, K.; DEUBLEIN, M.; NIEMZ, P. Determination of dynamic elastic moduli and shear moduli of aged wood by means of ultrasonic devices. **Materials and Structures**, [s.l.], v. 47, n. 6, p.925-936, 27 jun. 2013.
- LIANG, S.-Q.; FU, F. Comparative study on three dynamic modulus of elasticity and static modulus of elasticity for Lodgepole pine lumber. **Journal of Forestry Research**, v. 18, n. 4, p.309-312. 2007.
- MATSUMOTO, T.; TSUTSUMI, J. Elastic properties of plywood in dynamic test I: Relation between static Young's modulus and dynamic Young's modulus. **Mokuzai Gakkaishi**, v 14, n. 2, p. 65-69, 1968.
- NIEMZ, P.; MANNES, D. Non-destructive testing of wood and wood-based materials. **Journal of Cultural Heritage**, [s.l.], v. 13, n. 3, p.26-34, set. 2012.
- OBERHOFNEROVÁ, E. et al. Determination of Correlation between Destructive and Nondestructive Test Methods Applied on Modified Wood Exposed to Natural Weathering. **Bioresources**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.5155-5168, 25 abr. 2016.
- ROSS, R. J.; ZERBE, J. I.; WANG, X.; GREEN, D. W.; PELLERIN, R.F. Stress wave nondestructive evaluation of Douglas-fir peeler cores. **Forest Products Journal**, v. 55, n. 3, p.90-94, 2005.
- SAADAT-NIA, M.; BRANCHERIAU, L.; GALLET, P.; ENAYATI, A. A.; POURTAHMASI, K.; HONAVAR, F. Ultrasonic wave parameter changes during propagation through poplar and spruce reaction wood. **BioResources**, v. 6, n. 2, p.1172-1185, 2011.
- SONDEREGGER, W.; KRÁNITZ, K.; BUES, C. T.; NIEMZ, P. Aging effects on physical and mechanical properties of spruce, fir and oak wood. **Journal of Cultural Heritage**, [s.l.], v. 16, n. 6, p.883-889, nov. 2015.
- TEDER, M.; PILT, K.; MILJAN, M.; LAINURM, M.; AND KRUUDA, R. Overview of some non-destructive methods for in-situ assessment of structural timber. In: 3rd International Conference Civil Engineering, Latvia University of Agriculture, Jelgava, Latvia, pp. 137-143. 2011.
- WANG, S. Y.; CHEN, J. H.; TSAI, M. J.; LIN, C. J.; YANG, T. H. Grading of softwood lumber using nondestructive techniques. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 208, n. 1-3, p.149-158, 2008.
- YANG, J. L.; ILIC, J.; WARDLAW, T. Relationships between static and dynamic modulus of elasticity for a mixture of clear and decayed eucalypt wood, **Australian Forestry**, v. 66, n.3, p. 193-196, 2002.

Capítulo 75

ANÁLISE MACRO TERMOGRAVIMÉTRICA DE TORETES DE MADEIRA

*Márcia Silva de Jesus¹, Angélica de Cássia Oliveira Carneiro¹,
Sofia Maria Gonçalves Rocha², Juliana Dias de Melo¹, Benedito Rocha Vital¹*

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Brasil

² Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

Autor correspondente: eng-marcia@hotmail.com

Resumo: A cinética e os mecanismos de reação são fenômenos físico-químico que ocorrem durante a pirólise e embasam os estudos da decomposição térmica da madeira em carvão vegetal. A técnica mais comum utilizada para esse fim é a análise térmica denominada termogravimetria, cujo objetivo é representar a perda de massa da madeira, em função da temperatura e tempo. Embora seja uma análise comum aos trabalhos que envolvam modelagem cinética da biomassa, pouco se conhece sobre a perda de massa de grandes amostras de madeira, principalmente quando em condições industriais. Portanto, o objetivo do trabalho foi monitorar a variação de massa de toretes de madeira com umidade e diâmetro similar as condições das unidades de produção de carvão do Brasil. A carbonização foi realizada com toretes de 30 cm de comprimento, em diferentes diâmetros (6, 10 e 14 cm) e teores de umidade (20, 30 e 40%). A perda de massa da madeira foi monitorada durante todo o processo, em um sistema macro ATG. Até a temperatura de 105 °C, verificou-se que a perda de massa da madeira não foi significativa, já que essa é a fase que a perda de água tende a ser mais expressiva. A decomposição térmica da madeira torna-se mais acentuada entre 290 a 400 °C. Na fase de pirólise, os mecanismos de decomposição térmica dos constituintes químicos são independentes da umidade e diâmetro da madeira.

Palavras chave: umidade, diâmetro, carbonização, carvão vegetal.

THERMOGRAVIMETRIC MACRO ANALYSIS OF WOOD LOGS

Abstract: Kinetics and reaction mechanisms are physicochemical phenomena that occur during pyrolysis and support the studies of thermal decomposition of wood in charcoal. The most common technique used for this purpose is thermal analysis called thermogravimetry, which aims to represent the loss of wood mass as a function of temperature and time. Although it is a common analysis for works involving kinetic modeling of biomass, little is known about the mass loss of large wood samples, especially under industrial conditions. The objective of this work was to monitor the mass variation of wood logs with moisture and diameter similar to the conditions of the Brazilian charcoal production units. The carbonization was performed with 30 cm long tails, in different diameters (6, 10 and 14 cm) and moisture contents (20, 30 and 40%). Wood mass loss was monitored throughout the process in an ATG macro system. It was verified that the wood mass loss was not significant until the temperature of 105 °C, since this is the phase where the water loss is more expressive. The thermal decomposition of the wood becomes more pronounced between 290 to 400 °C. In the pyrolysis phase, the thermal decomposition mechanisms of the chemical constituents are independent of wood moisture and diameter.

Keywords: moisture, diameter, wood carbonization, charcoal.

1. INTRODUÇÃO

A pirólise é considerada a forma mais comum e promissora para produção de combustíveis renováveis a partir da biomassa, que é a fonte de energia de maior relevância dos dias atuais (TRIPATHI et al., 2016).

Um dos maiores desafios na pirólise lenta ainda é a otimização do processo considerando as diferentes condições de umidades e diâmetro da madeira. Embora, haja diversas propriedades da madeira que afetam a qualidade do carvão como a composição química, elementar, características anatómicas, entre outras. As principais variáveis de controle da matéria-prima dentro de uma unidade de produção são a densidade básica, teor de umidade e diâmetro da madeira, por serem variáveis com menor complexidade de mensuração.

A presença de água na madeira afeta significativamente as reações que acontecem durante a carbonização (HASAN et al., 2017). Teores de umidades acima de 30% tornam a taxa de aquecimento lenta e a temperatura máxima média passa a ser inconstante, em decorrência do excesso de vapor de água liberado, o que aumenta o tempo total de carbonização (ARRUDA et al., 2011).

O efeito do teor de umidade no tempo total de pirólise, em madeiras com 12 cm de diâmetro e 40% de umidade, pode ser até 3 vezes maior que na madeira seca (<2% umidade) (JESUS et al., 2018). Isso ocorre porque a taxa de desvolatilização em amostras de madeira seca é maior que em amostras com elevado teor de umidade (DIEGO et al., 2003).

O teor de umidade também afeta a transferência de calor, assim como o rendimento dos produtos e os gradientes de temperatura na madeira, já que absorve energia térmica do sistema para evaporar a água (HASAN et al., 2017; JESUS et al., 2018).

De acordo com Raad (2004), o diâmetro é outra variável que afeta o tempo de secagem e carbonização da madeira. Isso porque, o fluxo da saída dos gases ocorre preferencialmente no sentido longitudinal, em razão da permeabilidade na direção radial ser mais de 100 vezes menor que à permeabilidade na direção longitudinal. Assim, quanto maior o diâmetro, maior o tempo de duração desses processos. O tempo de carbonização da madeira de diâmetro de 7 a 12 cm pode ser até 15% menor, que o tempo de classes entre 13 a 18 cm (DONATO, 2017).

Esses cenários enfatizam o efeito da umidade e diâmetro da madeira no tempo e rendimento da carbonização, no entanto, não analisam a cinética e os mecanismos de reações que ocorrem no processo.

A cinética e os mecanismos de reação são fenômenos físico-químico que ocorrem durante a pirólise e embasam os estudos da decomposição térmica da madeira em carvão vegetal. A técnica mais comum utilizada para esse fim é a análise térmica denominada termogravimetria, cujo objetivo é representar a perda de massa da madeira, em função da temperatura e tempo. Embora seja uma análise comum aos trabalhos que envolvam modelagem cinética da biomassa, pouco se conhece sobre a perda de massa de grandes amostras de madeira, principalmente quando em condições industriais.

Portanto, o objetivo do trabalho foi monitorar a variação de massa de toretes de madeira (30 cm de comprimento) com umidade e diâmetro similar as condições das unidades de produção de carvão do Brasil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas três árvores de *Eucalyptus* spp. com 7 anos de idade, localizados na cidade de Viçosa-MG. As árvores foram seccionadas em toretes de 30 cm de comprimento e divididos em classes de diâmetros de 6, 10 e 14 (± 2) cm e posteriormente subdivididos em três classes de umidade 20, 30 e 40 (± 5) %.

As carbonizações foram realizadas em forno elétrico do tipo mufla, modelo *GP Científica-2000*, com controle manual de temperatura e adaptado com uma caixa de aço inoxidável com

dimensões nominais de 0,430 x 0,160 x 0,160 m. Na saída da mufla foi conectado um sistema de tubos para saída dos gases. A temperatura final de carbonização foi de 400 °C e a taxa de aquecimento de 1,66 °C min⁻¹.

Para monitorar a perda de massa da madeira durante a carbonização foi utilizada uma balança de plataforma digital (0,60 x 0,60 m), modelo *Digitron UL-150*, sob o forno tipo mufla. Assim, foi possível acompanhar a variação de massa da madeira em tempo real durante o processo (Figura 1).

Figura 1. Representação esquemática do sistema para carbonização da madeira

Ao final de cada carbonização foi calculado o rendimento em carvão com base na massa seca de madeira e em seguida analisado a sua composição química.

O experimento foi instalado segundo um delineamento inteiramente casualizado, para avaliar o efeito dos fatores teor de umidade (20, 30 e 40%) e diâmetro (6, 10 e 14 cm) da madeira, em três repetições, totalizando 9 tratamentos e 27 unidades amostrais. Para isso foram ajustados modelos de regressão que explique a variável rendimento gravimétrico em carvão, utilizando-se o software de Sistema para Análises Estatísticas - SISVAR (FERREIRA, 2000). Na escolha das equações de regressão, consideraram-se a significância dos coeficientes até o nível de 5% de significância (*p-valor*), o erro padrão residual, distribuição dos resíduos e o coeficiente de determinação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 são apresentados os perfis termogravimétricos da madeira para cada condição de umidade e diâmetro. As curvas termogravimétricas representam a perda de massa, em porcentagem, em função da temperatura e tempo.

Até a temperatura de 105 °C, verificou-se que a perda de massa da madeira não foi significativa, já que essa é a fase que a perda de água tende a ser mais expressiva. A decomposição térmica da madeira torna-se mais acentuada entre 290 a 400 °C.

De acordo com Santos et al. (2012), entre 300 a 400 °C, a perda de massa pode atingir até 50% da massa inicial da madeira, já que é a fase da decomposição térmica da celulose. A celulose além de ser o constituinte químico majoritário ($\approx 45\%$), apresenta elevada taxa de decomposição (YANG et al., 2007).

Assim, apesar do tempo de pirólise variar conforme a umidade e diâmetro, a faixa de temperatura (200-400 °C) que ocorre a maior perda de massa da madeira não foi variável, isto é, a temperatura de decomposição térmica da madeira na fase de pirólise independe das condições de diâmetro e umidade (Figura 2).

$$(\dot{\mathbf{i}})$$

$$(\ddot{\mathbf{iii}})$$

Na Figura 3 é possível visualizar o perfil termogravimétrico (TG) e suas respectivas curvas de DTG, que correspondem à derivada primeira das curvas de TG.

Observou-se que, a faixa de temperatura de decomposição das hemiceluloses (220 - 315 °C) e celulose (315 - 380 °C) são semelhantes em todas as condições de umidade. Embora, o pico de perda de massa referente à lignina esteja ausente, a sua decomposição térmica ocorre em uma ampla faixa de temperatura (160 - 900 °C), devido sua elevada estabilidade térmica, que é a razão de torná-lo o principal constituinte químico a influenciar positivamente o rendimento em carvão vegetal (PEREIRA et al., 2013; OYEDUN et al., 2012).

Observou-se a partir das curvas da derivada primeira (DTG) que a maior taxa de variação de massa em função da temperatura foi registrada no intervalo entre 0 e 105 °C, em que o pico de decomposição da madeira aumentou com o teor de umidade das amostras. Esse evento está diretamente relacionado com o tempo de duração da fase de secagem e o consumo de energia necessária para condensação da água.

Figura 3. Curva termogravimétrica e derivada primeira da madeira em função da temperatura, para cada condição de umidade

Observou-se também que, a perda de massa da madeira durante a pirólise está diretamente relacionada a velocidade de aquecimento da madeira e consequentemente com o rendimento em carvão. Assim, na Tabela 1 é apresentada a estatística associada ao modelo de regressão de melhor

ajuste e que explica o rendimento gravimétrico do carvão vegetal, em função da umidade e diâmetro.

Tabela 1. Estatística associada aos valores de betas da melhor equação de ajuste para a variável resposta rendimento em carvão vegetal, para cada condição de umidade e diâmetro

y	β_0	p-valor β_0	β_1	p-valor β_1	R^2
Diâmetro	31,270185	< 0,0001	0,333056	0,0004	0,91
Umidade	31,680741	< 0,0001	0,097333	0,0052	0,99

Os resultados indicaram que, os fatores teor de umidade e diâmetro apresentaram efeitos independentes no rendimento gravimétrico em carvão vegetal.

Verificou-se que, o aumento de 6 para 14 cm de diâmetro, aumentou em aproximadamente 2,7% o rendimento em carvão vegetal, de acordo com a equação $y = 31,270185 + 0,333056x$ ($R^2 = 0,91$) (Tabela 3). O acréscimo em 1 cm no diâmetro da madeira pode aumentar em, aproximadamente 0,33% o rendimento. Possivelmente, esse fato pode ser justificado a partir da relação do rendimento, diâmetro e as taxas de aquecimento da madeira. De acordo com Mani et al. (2010), as menores taxas de aquecimento nos maiores diâmetros favorecem o rendimento em carvão, além de contribuir para a ocorrência de reações secundárias.

De acordo com Babu e Chaurasia (2004), durante a pirólise da madeira, a resistência ao fluxo de calor aumenta com o diâmetro. Esse fato pode implicar em menores rendimentos em carvão nas menores classes diamétricas (6 cm). Nesse trabalho verificou que, o rendimento médio de carvão foi 2,7% menor nas menores classes diamétricas, confirmando esse pressuposto.

O aumento do diâmetro leva a formação de maiores gradientes de temperatura e menores taxas de aquecimento na madeira. Quanto menor a taxa de aquecimento, menor será perda de massa em função da temperatura (ZENG et al., 2015).

Por outro lado, alguns autores destacam que, madeira com maiores diâmetros tendem a apresentar maior área cernificada, que é uma região muito impermeável devido à obstrução dos vasos por tilos, por isso, mais propícias a formação de trincas e fissuras durante a carbonização, o que pode ocasionar a formação de um carvão mais friável, isso impacta negativamente o seu rendimento (COUTINHO; FERRAZ, 1988). De acordo com Silva e Trugilho (2003), quanto maior o diâmetro mais difícil será a saída dos gases formados no processo.

O efeito do teor de umidade no rendimento em carvão, no sistema alotérmico utilizado nesse trabalho, com controle de temperatura, foi menor que o efeito do diâmetro. Isso ocorre porque, o teor de umidade da madeira está diretamente relacionado a temperatura e tempo de duração da fase de secagem durante a pirólise. Ou seja, quanto maior o teor de umidade da madeira, maior será o percentual de água a ser eliminada e maior será o tempo de duração das reações endotérmicas. E a decomposição térmica da madeira torna-se mais acentuada a partir de 290 °C e quanto maior a velocidade de aquecimento, mais rápida será a desvolatilização e perda de massa.

4. CONCLUSÃO

Até a temperatura de 105 °C, fase de secagem, a perda de massa é causada pela saída de água da madeira. A decomposição térmica é mais acentuada entre 290 a 400°C, denominada fase de pirólise. Na fase de pirólise, os mecanismos de decomposição térmica dos constituintes químicos são independentes da umidade e diâmetro da madeira.

5. AGRADECIMENTOS

À Capes pela concessão da bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, T. P. M. et al. Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 949-955, 2011.
- BABU, B. V.; CHAURASIA, A. S. Heat transfer and kinetics in the pyrolysis of shrinking biomass particle. **Chemical Engineering Science**, Queensland, v. 59, n. 10, p. 1999-2012, 2004.
- COUTINHO, A.R.; FERRAZ, E.S.B. **Determinação da friabilidade do carvão vegetal em função do diâmetro das árvores e temperatura de carbonização**. IPEF, n.38, p.33-37, 1988.
- DIEGO, L. F. et al. Effect of Moisture Content on devolatilization times of pine wood particles in a fluidized bed. **Energy & Fuels**, Zaragoza, v. 17, n. 2, p. 285-290, 2003.
- DONATO, D.B. **Desenvolvimento e avaliação de fornalha para combustão dos gases da carbonização da madeira**. Tese de doutorado – Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 99 p. 2017.
- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 63p.
- HASAN, M.; HU, X.; GUNAWAN, R.; LI, C. **Pyrolysis of large mallee wood particles: Temperature gradients within a pyrolysing particle and effects of moisture content** MD Fuel Processing Technology, 158, p. 163–171, 2017.
- JESUS, M. S., NAPOLI, A., TRUGILHO, P. F., ABREU JÚNIOR, Á. A., MARTINEZ, C. L. M.; FREITAS, T. P. Energy and mass balance in the pyrolysis process of eucalyptus wood. **Cerne**, v.24, n.3, p.288-294, 2018.
- MANI, T.; MURUGAN, P.; ABEDI, J.; MAHINPEY, N. Pyrolysis of wheat straw in a thermogravimetric analyzer: effect of particle size and heating rate on devolatilization and estimation of global kinetics. **Chemical engineering research and design**, v.88, n.8, p. 952-958, 2010.
- OYEDUN, A. O.; LAM, K. L.; HUI, C. W. Charcoal production via multistage pyrolysis. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, Hong Kong, v. 20, n. 3, p. 455-460, 2012.
- PEREIRA, B. L. C. et al. Estudo da degradação térmica da madeira de Eucalyptus através de termogravimetria e calorimetria. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 567-576, 2013.
- RAAD, T. J. **Simulação do processo de secagem e carbonização do Eucalyptus spp**. Tese de doutorado - Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG. 115p. 2004.
- SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO, P.F.; MENDES, L.M. Análise termogravimétrica em clones de eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal. **Revista Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 143-151, out. 2012.
- SILVA, D. A.; TRUGILHO, P.F. Comportamento dimensional da madeira de cerne e alburno utilizando-se metodologia de análises de imagem submetida a diferentes temperaturas. **Revista Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 56-65, 2003.
- TRIPATHI, M.; SAHU, J.N.; GANESAN, P. Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.55, p. 467-481, 2016.

YANG, H.; YAN, R.; CHEN, H.; LEE, D. H.; ZHENG, C. In-depth investigation of biomass pyrolysis based on three major components: hemicellulose, cellulose and lignin. **Energy & Fuels**, v. 20, n.1, p.38 et al. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, London, v. 86, n. 12-13, p. 1781–1788, 2007.

ZENG, K.; MINH, D. P.; GAUTHIER, D.; WEISS-HORTALA, E.; NZIHO, A., FLAMANT, G. The effect of temperature and heating rate on char properties obtained from solar pyrolysis of beech wood. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 182, n. 9, p. 114-119, 2015.

Capítulo 76

MASSA DE SEMENTES DURANTE A EMBEBIÇÃO DE ESPÉCIES NATIVAS DA FLORESTA ATLÂNTICA

Thayssa da Silva Leite Correia¹, Matheus Pimenta Pereira Pinto¹, Alice Peterle da Silva¹, Anderson Marcelino Temoteo¹, Tiago de Oliveira Godinho², Sarah Ola Moreira³

¹ Escola Municipal de Ensino Fundamental Luiz Pianzola, Brasil

² Reserva Natural Vale, Vale S/A, Brasil

³ Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Centro de Pesquisa Desenvolvimento e Inovação Norte, Brasil

Autor correspondente: sarah.moreira@incaper.es.gov.br

Resumo: Os frutos nativos da Floresta Atlântica são produtos florestais não madeireiros capazes de promover a conservação das espécies, além de possibilitar a diversificação da renda do agricultor. Entretanto, para o melhor aproveitamento de suas sementes para o plantio é preciso estudar a sua umidade inicial e seu processo de absorção de água, o que permitirá melhorar a germinação e estabelecer as condições ideais de armazenamento. O objetivo desse trabalho foi avaliar o teor de umidade inicial e as modificações na massa de sementes durante o processo de embebição de pitanga (*Eugenia uniflora*), araçaua (*Psidium myrtoides*), araçá-amarelo (*P. cattleianum*) e jenipapo (*Genipa americana*). As sementes foram extraídas manualmente, lavadas em água corrente com retirada da mucilagem e secas à sombra. A umidade inicial das sementes de cada espécie, expressa em base úmida, foi avaliada pelo método de estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, durante 17 horas. O processo de embebição foi realizado em caixas Gerbox, com as sementes de cada espécie dispostas entre papel Germitest, em câmara de germinação com luz e temperatura controladas. A massa de sementes foi medida até 72h de embebição. A umidade inicial das sementes foi de 5,61; 30,70; 34,23 e 46,75% para araçá-amarelo, jenipapo, araçaua e pitanga, respectivamente. Para todas as espécies, a massa de sementes tem maior incremento nas primeiras horas de embebição, sendo compatível com a fase I de germinação.

Palavras chave: *Eugenia uniflora* L.; *Psidium myrtoides* O. Berg; *Psidium cattleianum* Sabine; *Genipa americana* L.

MASS OF SEEDS DURING THE EMBITION OF NATIVE SPECIES OF THE ATLANTIC FOREST

Abstract: Native fruits of the Atlantic Forest are non-timber forest products capable of promoting the conservation of the species, as well as enabling the farmer's income diversification. However, for the best use of its seeds for planting, it is necessary to study their initial moisture and water absorption process, allowing improving germination and establishing the ideal storage conditions. The objective of this work was to evaluate the initial moisture content and seed mass changes during the soaking process of pitanga (*Eugenia uniflora*), araçaua (*Psidium myrtoides*), yellow guava (*P. cattleianum*) and jenipapo (*Genipa americana*). The seeds were manually extracted, washed in running water to remove mucilage, and dried in the shade. Was evaluated the initial seed moisture of each species, expressed on wet basis by the drying oven method at $103 \pm 2^\circ\text{C}$, for 17 hours. The imbibition process was performed in Gerbox boxes, with seeds of each species arranged between Germitest paper, in a germination chamber with controlled light and temperature. Seed mass was measured up to 72h of imbibition. Initial seed moisture was 5.61; 30.70; 34.23; and 46.75% for araçá-amarelo, jenipapo, araçaua and pitanga, respectively. For all species, the seed mass has the largest increment in the first hours of imbibition, being compatible with the germination phase I.

Keywords: *Eugenia uniflora* L.; *Psidium myrtoides* O. Berg; *Psidium cattleianum* Sabine; *Genipa americana* L.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica possui uma alta diversidade de espécies vegetais que podem ser melhor exploradas para a obtenção de produtos florestais não madeireiros, como frutos, sementes, óleos essenciais, produção de mel e no processamento industrial e farmacêutico. A utilização desses produtos pode proporcionar uma fonte alternativa de renda para produtores rurais em áreas de preservação permanente e reserva legal, uso autorizado pela Lei N° 12.651 de 2012, o Novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Além disso, o consumo desses itens auxilia na conservação pelo uso da floresta, uma vez que os produtores rurais mantêm em sua propriedade aquelas árvores e, ou, arbustos que lhes são úteis.

Dentre as espécies de uso potencial, cita-se a pitanga (*Eugenia uniflora* L.), a araçáúna (*Psidium myrtoides* O. Berg), o araçá-amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine) e o jenipapo (*Genipa americana* L.). Todas essas espécies possuem frutos comestíveis e podem ser utilizados no preparado de doces, compotas, sorvetes e bebidas. Além disso, são usados na medicina popular, por terem diferentes funções farmacológicas. A pitanga tem propriedade antidiarreica e de diminuição da pressão arterial (SENA et al., 2010); o araçá-amarelo é antiúlcero e é rico em vitamina C (SILVA et al., 2011); por fim, o jenipapo é antiúlcero e anticarcinogênico (SILVA et al., 2015).

Para permitir o plantio dessas espécies, seja em pomares, reflorestamentos ou recomposição vegetal de áreas de preservação, é preciso ter material propagativo em quantidade e qualidade. Uma vez que todas essas espécies são plantadas principalmente por sementes (LORENZI et al., 2015), é preciso conhecer o seu processo de germinação e sua viabilidade, além das condições necessárias para o armazenamento, de modo a facilitar a obtenção de mudas por produtores e viveiristas.

A germinação de sementes é sequência de eventos morfogênicos que resultam na transformação do embrião contido na semente uma plântula. O início desse processo se dá com a entrada de água na semente, fenômeno conhecido com embebição, caracterizado por três fases: reativação do metabolismo da semente (fase I); indução do crescimento (fase II); e crescimento (fase III) (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Todas essas etapas estão diretamente relacionadas com a massa da semente, sua umidade inicial e com a velocidade de absorção de água (ARAÚJO et al., 2018; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), procedimentos ainda pouco estudados para essas espécies.

O objetivo deste trabalho foi quantificar o teor de umidade inicial e avaliar as modificações na massa de sementes durante o processo de embebição de pitanga, araçáúna, araçá-amarelo e jenipapo, espécies nativas da Floresta Atlântica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos maduros de pitanga (*Eugenia uniflora*), araçáúna (*Psidium myrtoides*), araçá-amarelo (*Psidium cattleianum*) e jenipapo (*Genipa americana*) foram colhidos em pomares localizados no município de Conceição do Castelo, ES e levados ao Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Serrano do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), localizado em Domingos Martins, ES. No laboratório, os frutos foram lavados e higienizados. As sementes foram extraídas manualmente e posteriormente foram lavadas em água corrente, com auxílio de peneira para retirada da mucilagem, e secas à sombra durante 48 horas.

A umidade inicial das sementes de cada espécie, expressa porcentagem, via base úmida, foi avaliada pelo método de estufa a $103\pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 17 horas (ISTA, 2018). Para essa análise foram utilizadas 25 sementes em uma placa de petri para pitanga, araçáúna e jenipapo e 30 sementes para araçá-amarelo.

As sementes de cada espécie foram colocadas para embeber em caixas Gerbox, com três camadas de papel Germitest e adicionada água destilada em 2,5x o peso do papel. As caixas Gerbox foram mantidas de câmara de germinação, com temperatura entre 20-30° C, com fotoperíodo de 16h de luz e 8h de escuro. A massa de sementes foi medida com 0 (massa inicial); 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 24; 48 e 72h de embebição. A cada pesagem, as sementes eram secas superficialmente com papel absorvente. Para essa avaliação foi utilizada uma amostra de 25 sementes por tratamento.

A umidade de sementes foi avaliada por meio de estatística descritiva e a evolução da massa de sementes ao longo do processo de embebição para cada espécie foi analisada por meio de regressão polinomial, sendo estimado o coeficiente de regressão e sua significância pelo teste F. A análise dos dados foi realizada com auxílio do programa Genes (CRUZ, 2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade inicial das sementes após 48 horas de secagem a sombra variou de 5,61% para sementes de araçá-amarelo a 46,75% para sementes de pitanga (Figura 1). Para araçá-amarelo, os valores são similares ao relatado por Silva et al. (2011), que observaram umidade média de 7,10% após 24h de secagem à sombra. Para pitanga, Avila et al. (2009) observaram teor de umidade de 47% nas sementes de frutos em fase final de maturação. O laboratório onde foram realizadas as análises desse trabalho está localizada numa região fria e úmida, sendo necessário maior tempo de secagem, ainda assim, o teor de umidade observado é compatível com o relatado na literatura.

Figura 1. Umidade inicial de sementes de espécies nativas da Floresta Atlântica

Em uma proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de espécies florestais realizado por Wielewicki et al. (2006), foi sugerido que a espécie *E. uniflora*, se caracteriza como recalcitrante, com teor de umidade padrão mínimo de 38,3%. Já a *P. cattleianum* possui comportamento fisiológico intermediário quanto a germinação, com teor de umidade padrão superior ao obtido neste estudo, entre 12 e 12,6% de umidade. Sementes de jenipapo também são consideradas intermediárias (ARAÚJO et al., 2018), apesar de terem umidade inicial acima de 30%. No entanto, sementes classificadas como intermediárias são justamente aquelas que podem ser desidratadas, porém não suportam baixas temperaturas no armazenamento (ARAÚJO et al., 2018).

As equações de massa de sementes em função das horas de embebição foram diferentes para cada período de avaliação e para cada espécie (Tabela 1). O coeficiente de regressão não foi significativo para as sementes de araçá-amarelo embebidas por 72h. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo tamanho da semente, que por ser muito pequena dificulta a avaliação. Maiores coeficientes de determinação foram obtidos para as avaliações feitas até 10h de embebição, quando comparadas aos R^2 após 72h. Nas primeiras 10h foram feitas avaliações a cada hora, e

posteriormente, as avaliações passaram a ser a cada 24h. Essa variação no tempo e quantidade de avaliações podem ter contribuído para a diminuição da precisão das equações de regressão.

Para pitanga, araçauína e jenipapo, as equações para 10h de embebição foram quadráticas, indicando que a absorção de água é maior nas primeiras horas, promovendo o aumento da massa de sementes. Quando se avalia todo o período, ainda houve aumento de massa de sementes até 24h de embebição para o jenipapo, e para pitanga, o ponto máximo foi observado com 63h (Tabela 1; Figura 2).

A absorção de água nas sementes é o primeiro passo para iniciar o processo de germinação. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), na fase I do processo de germinação, que é de poucas horas, a semente aumenta o seu teor de água, aumenta a intensidade respiratória, o que resulta na produção de grandes quantidades de energia, e inicia o processo de degradação das substâncias de reserva. Posteriormente, durante a fase II de germinação, a absorção de água diminui. Apesar de nesse trabalho a avaliação ter sido feita a partir da massa da semente e não do seu teor de umidade, o maior conteúdo de água reflete no peso da semente. Assim, os resultados indicam que as sementes estavam na fase I de germinação nas primeiras 4 horas de embebição para pitanga e jenipapo; 2h para araçá-amarelo e 10h para araçauína.

Tabela 1. Equações da regressão e coeficientes de determinação da massa de sementes em função das horas de embebição de espécies nativas da Floresta Atlântica

Espécie	Horas de embebição	Equação da Regressão	Coefficiente de Determinação (R ²)
Pitanga	10h	$Y = 1143,02 + 12,65X - 0,90X^2$	78,60%*
	72h	$Y = 1148,85 + 8,29X - 0,51X^2 + 0,01X^3 - 0,0001X^4$	70,11%*
Araçauína	10h	$Y = 87,10 + 3,12X - 0,19X^2$	89,38%*
	72h	$Y = 89,72 + 1,60X - 0,05X^2 + 0,0004X^3$	85,33%*
Araçá-amarelo	10h	$Y = 4,90 + 1,01X - 0,37X^2 + 0,05X^3 - 0,002X^4$	87,18%*
	72h	$Y = 5,55 + 0,01X$	26,75%ns
Jenipapo	10h	$Y = 80,05 + 2,45X - 0,21X^2$	83,92%*
	72h	$Y = 83,47 + 0,33X - 0,005X^2$	53,77%*

Nota: nsNão significativo e *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Esses resultados concordam com Sena et al. (2010), que observaram que houve uma rápida absorção de água em sementes de pitanga entre 1 e 3h de embebição e, após 10h nesse processo, a absorção de água ocorreu lentamente não proporcionando aumento significativo do ganho de água em relação ao peso inicial das sementes.

Figura 2. Massa de sementes de espécies nativas da Floresta Atlântica em função das horas de embebição

4. CONCLUSÃO

As sementes de frutas nativas da Floresta Atlântica estudadas tiveram teor de umidade iniciais entre 6 e 47%.

A massa de sementes tem maior incremento nas primeiras horas de embebição, sendo compatível com a fase I de germinação, que durou 4h para pitanga e jenipapo, 2h para araçá-amarelo e 10h para araçá-úna.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – Fapes, pelo apoio financeiro ao projeto e concessão de bolsa aos autores (processo nº 432/2018).

Ao técnico agrícola e produtor rural Dário Fiorese Moreira pela doação dos frutos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHON, L. A. Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura. 1.ed. **Santa Maria: Ed. UFSM**, 2018, 448p.
- AVILA, A. L.; ARGENTA, M. S.; MUNIZ, M. F. B.; POLETO, I.; BLUME, E. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (pitanga), Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 61-68, jan.-mar., 2009.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 102, 28 maio 2012. Seção 1, p.1.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 5.ed. **Jaboticabal: FUNEP**, 2012. 590p.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, out./dez. 2016
- ISTA. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, 1985.
- LORENZI, H.; LACERDA, M. T. C.; BACHER, L. B. Frutas no Brasil nativas e exóticas: de consumo in natura. **São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora**. 2015. 768p.
- SENA, L. H. M.; MATOS, V. P.; FERREIRA, E. G. B. S.; SALES, A. G. F. A.; PACHECO, M. V. Qualidade fisiológica de sementes de pitangueira submetidas a diferentes procedimentos de secagem e substratos - Parte 1. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 405–411, 2010.
- SILVA, A.; PEREZ, S. C. J. G. A.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de *Psidium cattleianum* Sabine acondicionadas e armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 2 p. 197 - 206, 2011.
- SILVA, L. A.; RESENDE, O.; VIRGOLINO, Z. Z.; BESSA, J. F. V.; MORAIS, W. A.; VIDAL, V. M. Cinética de secagem e difusividade efetiva em folhas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, Campinas, v. 17, n. 4, supl. II, p. 953-963, 2015.
- WIELEWICKI, A. P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A. C. S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p.191-197, 2006.

Capítulo 77

DENSIDADE BÁSICA E ESTABILIDADE DIMENSIONAL DA MADEIRA DE DUAS ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

Camilla de Oliveira Souza¹, Jaily Kerller Batista de Andrade¹,
Jaqueline Rocha de Medeiros¹, Juarez Benigno Paes¹, Sandra Bezerra da Silva²,
Márcia Fernanda Carneiro³

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

² Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre (Ufac), Brasil

³ Engenharia Florestal, Secretaria Estadual de Desenvolvimento Ambiental do Estado de Rondônia, Brasil

Autor correspondente: camilladeoliveirasouza@hotmail.com

Resumo: As espécies jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) compõem a diversidade da Caatinga, uma região que possui importância ecológica, econômica e sociocultural para o Brasil. Alterações existentes entre umidade, densidade e contração linear são observadas na madeira de todas as espécies florestais, sendo o estudo dessas propriedades físicas essencial para o máximo aproveitamento da matéria-prima e melhor determinação do seu uso final. Nesse sentido, o presente trabalho, objetivou avaliar a densidade básica e a contração linear das madeiras de jurema-preta e pereiro para uso industrial. Foram selecionadas e coletadas, aleatoriamente, cinco árvores de cada espécie que possuíam boa fitossanidade na Fazenda Lameirão, localizada no Município de Santa Terezinha, Paraíba, Brasil. Para isso, retirou-se um disco da base de cada árvore para o preparo das amostras, que foram mensurados para a determinação da densidade básica e contração linear da madeira. As madeiras de jurema-preta e pereiro apresentaram propriedades físicas desejáveis para a indústria madeireira, tendo alta e média densidade; baixa contração linear; e fator anisotrópico próximo de 1, sendo assim, muito estáveis dimensionalmente.

Palavras chave: Propriedades físicas da madeira; Contração linear; *Mimosa tenuiflora*; *Aspidosperma pyrifolium*.

BASIC DENSITY AND DIMENSIONAL STABILITY OF TWO CAATINGA FOREST SPECIES

Abstract: The species *Mimosa tenuiflora* and *Aspidosperma pyrifolium* are part of diversity of Caatinga biome, which is an important region in its ecology, economy and social culture to Brazil. Changes between basic density and linear contraction are observed in the wood of all forest species, and its study is necessary for the maximum utilization of raw materials and final product. The objective of this work was to evaluate the basic density and linear contraction of the wood of *Mimosa tenuiflora* and *Aspidosperma pyrifolium* for industrial use. Randomly selected and collected five trees of each species that had good plant health at Lameirão Farm, located in Santa Terezinha, Paraíba, Brazil. For this, five discs were removed from the base of each tree to prepare the study material, which were measured to determine the basic density and linear contraction of the wood. The woods of *Mimosa tenuiflora* and *Aspidosperma pyrifolium* presented satisfactory physical properties for the industry, since the woods have high and medium density, low linear contraction and anisotropic factor close to 1, being very dimensionally stable.

Keywords: Physical properties of wood; Linear contraction; *Mimosa tenuiflora*; *Aspidosperma pyrifolium*.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é o tipo de vegetação que cobre a maior parte da área com clima semiárido da Região Nordeste do Brasil. Naturalmente, as plantas não possuem características uniformes, mas sua ocorrência tem um razoável grau de sobreposição (SAMPAIO et al., 2002). As espécies jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) compõem parte da diversidade da Caatinga e possuem importância ecológica, econômica e sociocultural para o País.

A jurema-preta é uma espécie arbustiva, pertencente à família Mimosaceae, que em sua fase adulta apresenta de 4-6 m de altura e 20-30 cm de diâmetro, copa rala e irregular e tronco levemente inclinado, sendo muito utilizada para a produção de moirões, estacas, peças de resistência e móveis rústicos, lenha e carvão vegetal (LORENZI, 2002). Já o pereiro é uma espécie arbustivo-arbórea da família Apocynaceae, que em sua fase adulta apresenta de 7-8 m de altura, tronco desenvolvido e ereto, com muitas ramificações e copa piramidal, sendo empregado, prioritariamente, para o uso energético e indicado para o paisagismo (MAIA, 2002).

Por ser um material complexo e variável, que apresenta características distintas em todos os planos, o conhecimento das propriedades tecnológicas da madeira tornou-se foco de pesquisa da indústria madeireira, pois é por meio destas informações que obtém-se o máximo aproveitamento da matéria-prima e melhor determinação do seu uso final (REZENDE, 2003).

Nesse sentido, informações das propriedades físicas da madeira, como densidade, contrações e anisotropia são fundamentais para a indústria madeireira, sendo a densidade básica uma das características que melhor expressa as propriedades funcionais da madeira, como foi ressaltado por Jati et al. (2014), Muller-Landau (2004), Preston et al. (2006), Ribeiro; Zani Filho (1993), Sih (1974) e Williamson; Wiemann (2011).

Além disso, as características de contração linear ou retratibilidade são diferentes entre as espécies florestais, que além do seu singular comportamento no ambiente, também são influenciadas pelo manejo e pelo modo de condução da secagem, que é o principal fator responsável pelo aparecimento de defeitos, como fendas e empenos, na madeira (OLIVEIRA et al., 2010).

O estudo da retratibilidade da madeira das espécies jurema-preta e pereiro irá possibilitar a diversificação de sua utilização e conferir maior potencial econômico para essas madeiras, como citam Rocha et al. (2015). Nesse sentido, o presente trabalho, objetivou avaliar a densidade básica e a contração linear das madeiras de jurema-preta e pereiro para uso industrial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas aleatoriamente cinco árvores nativas das espécies jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) com boa fitossanidade na Fazenda Lameirão, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, localizada no Município de Santa Terezinha, estado da Paraíba (Latitude S 7°, Longitude W 37°04', Altitude 240 metros).

Por causa das baixas ramificações existentes nessas espécies, retirou-se de cada árvore um disco próximo a altura da base. De acordo com a American Society for Testing and Materials – ASTM D143 (2008) e a Comisión Panamericana de Normas Técnicas – COPANT 464 (1972), que estabelecem a proporção de 1:4 entre o lado da seção transversal e comprimento de cada disco, foram produzidos dois corpos de prova de 25 x 25 x 100 mm de cada disco de madeira, totalizando 10 corpos de prova por espécie estudada.

Com o emprego de paquímetro digital (0,01 mm) e balança (0,01g), os corpos de prova foram medidos nos planos tangencial, radial e longitudinal, à temperatura e umidade ambientes e, por método estereométrico foram obtidas suas respectivas massa e volume. Os corpos de prova foram saturados até atingirem massa constante (tempo aproximado de 15 dias). Repetiram-se os mesmos procedimentos de medição e pesagem nos corpos de prova saturados.

Após pesagem, os corpos de prova foram dispostos em estufa a 40; 60; 80 e 103 ± 2°C até atingirem massa constante (tempo aproximado de 5 dias). Em seguida, colocou-se os corpos de prova em dessecadores para resfriamento. Repetindo-se os mesmos procedimentos de medição e pesagem nos corpos de prova completamente secos.

Com os dados obtidos durante a medição e pesagem dos corpos de prova foi realizada a estatística descritiva para os parâmetros densidade, volume, fator de contração, inchamento e retratibilidade das espécies estudadas.

Para a determinação da densidade básica foram seguidas as especificações da Norma Reguladora – NBR 11941, aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2003). A retratibilidade da madeira foi determinada de acordo com a NBR 7190, ABNT (1997). Todos os dados foram compilados em tabelas e gráficos foram produzidos no SigmaPlot Software®. O mesmo programa também foi utilizado para as correlações entre as contrações e a densidade básica de cada espécie.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de densidade básica para jurema-preta e pereiro foram de 0,76 e 0,64 g cm⁻³ respectivamente (Figura 1). A densidade básica da madeira de jurema-preta foi inferior, mas próxima, aos valores obtidos por Araújo et al. (2007), Paes et al. (2013) e de Rocha et al. (2015), que variou de 0,81 a 0,94 g cm⁻³. Já a madeira de pereiro teve valores inferiores aos obtidos por Oliveira (2003), que variou de 0,79 a 0,83 g cm⁻³ em árvores de pereiro existentes no mesmo sítio. Todos esses autores explicaram que as variações da densidade básica ocorrem, principalmente, devido à metodologia aplicada na pesquisa, à idade do povoamento ou à qualidade do sítio onde as árvores amostradas vegetavam.

Figura 1. Densidade básica de árvores de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), provenientes do município de Santa Terezinha, estado da Paraíba

Contudo, os valores obtidos classifica a madeira de jurema-preta e pereiro como de densidade alta e média, respectivamente (SILVEIRA et al. 2013; VALE et al., 2002, 2005). Madeiras densas são indicadas para fins estruturais, porém, como tais espécies apresentam fustes curtos, suas madeiras podem ser empregadas em pequenos móveis, como cadeiras, bancos ou mesas de centro (ROCHA et al., 2015) ou para a produção de painéis de sarrafo, também

chamados de painéis de madeira colados lateralmente, conhecidos como *Edge Glued Panel*, que utilizam madeiras de boa qualidade, porém de pequenas dimensões.

Esses valores também são satisfatórios para a produção de carvão vegetal, uma vez que a densidade básica da madeira está diretamente a produção de energia, quanto maior for sua densidade, maior será a quantidade de energia armazenada por metro cúbico, resultando em carvões com maiores densidade e resistência e menor custo de produção (CARNEIRO et al., 2014; NEVES et al., 2011; PROTÁSIO et al., 2014; SANTOS et al., 2011; SOUZA et al., 2019).

Ao correlacionar este parâmetro com a retratibilidade da madeira, obteve-se significativa e positiva correlação entre a contração volumétrica e a densidade básica da madeira de pereiro e, apesar dessa mesma correlação não ser verificada para a madeira de jurema-preta, houve significativa e negativa correlação entre a contração longitudinal e a densidade básica de sua madeira (FIGURA 2).

Figura 2. Correlação entre a densidade básica e as contrações de árvores de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), provenientes do município de Santa Terezinha, estado da Paraíba

O pereiro apresentou maiores valores de retratibilidade da madeira em relação à jurema-preta (TABELA 1). Nota-se, que a retratibilidade radial foi menor que a tangencial para ambas as espécies, corroborando com os estudos realizados por Oliveira et al. (2010). Segundo os autores, isto ocorreu, uma vez que, nas madeiras de folhosas, as maiores diferenças entre a retratibilidade tangencial em relação à radial são atribuídas às características anatômicas.

Tabela 1. Valores médios da retratibilidade de árvores de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) e Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), provenientes do município de Santa Terezinha, estado da Paraíba

Espécie	Contração (%)			Fator Anisotrópico
	Radial	Tangencial	Volumétrica	
Jurema-preta	3,88	4,79	9,10	1,23
Pereiro	4,26	5,21	10,49	1,22

Os resultados obtidos para a jurema-preta possuíram valores próximos aos encontrados por Rocha et al. (2015) para esta espécie também coletada na Fazenda Lameirão, os quais obtiveram 3,81% (radial), 5,33% (tangencial), 9,32% (volumétrica) e 1,42 (coeficiente de anisotropia). Esses resultados confirmam a sua boa estabilidade dimensional, que é semelhante a de outras madeiras usadas no Brasil, demonstrando assim um potencial de mercado do uso desta espécie na indústria moveleira.

Os valores médios da contração volumétrica foram de 9,10% e 10,49% para a jurema-preta e pereiro, respectivamente. Segundo Oliveira et al. (2010), a retratibilidade volumétrica determina a variação total ocorrida na madeira em função de sua higroscopicidade. Nesse sentido, quanto menor for a alteração volumétrica, juntamente com o baixo coeficiente de anisotropia, melhor será a qualidade da madeira, principalmente quando se deseja utilizá-la na fabricação de móveis.

Em relação ao coeficiente de anisotropia, as duas espécies apresentaram valores próximos de 1,0. Desta forma, os resultados indicam que a madeira de jurema-preta e pereiro são desejáveis para o uso em marcenarias, pois o baixo coeficiente de anisotropia proporcionará menores empenamentos e rachaduras durante o processamento da madeira e sua utilização final. Além disso, os valores individuais das contrações lineares (radial e tangencial) e volumétricos baixos, são indicativos da boa estabilidade dimensional da madeira (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

4. CONCLUSÃO

As madeiras de jurema-preta e pereiro apresentaram propriedades físicas desejáveis para a indústria madeireira, tendo alta e média densidade, baixa retratibilidade e fator anisotrópico próximo de 1, sendo assim, estável dimensionalmente.

As correlações entre a densidade básica das madeiras e as contrações ocorridas foram pouco expressivas para espécies estudadas, provavelmente causada pela quantidade de árvores amostradas.

5. AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Campina Grande pela disponibilização do material estudado e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo pela concessão de Bolsas de Apoio Técnico.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. **ASTM D143**: Standard methods of testing small clear specimens of timber. Philadelphia: ASTM, 2008.

ARAÚJO, L. V. C. et al. Características dendrométricas e densidade básica da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Will.) Poir.) de duas regiões do estado da Paraíba. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 89-96, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas da madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR-11941**: madeira - determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

CARNEIRO, A. D. O. et al. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.2, p.375-381, 2014.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT. **COPANT 464**: Método de determinación del la compresión axial o paralelo al grano. Buenos Aires: COPANT, 1972.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 381 p.
- MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora, 2004. 413 p.
- MULLER-LANDAU, H. C. Interspecific and inter-site variation in wood specific gravity of tropical trees. **Biotropica**, Washington, DC, v. 36, p. 20-32, 2004.
- NEVES, T. A. et al. Avaliação de clones de *Eucalyptus* em diferentes locais visando à produção de carvão vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 319-330, 2011.
- OLIVEIRA, E. **Características anatômicas, químicas e térmicas da madeira de três espécies de maior ocorrência no semi-árido nordestino**. 2003. 149p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- OLIVEIRA, J. T. et al. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.
- PAES, J. B. et al. Características físico-química, energética e dimensões das fibras de três espécies florestais do semiárido brasileiro. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 550-555, 2013.
- PRESTON, K. A.; CORNWELL, W. K.; DENOYER, J. L. Wood density and vessel traits as distinct correlates of ecological strategy in 51 California coast range angiosperms. **New Phytologist**, Oxford, v. 170, p. 807–818, 2006.
- PROTÁSIO, T. P. et al. Avaliação tecnológica do carvão vegetal da madeira de clones jovens de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 801-816, 2015.
- REZENDE, M. A. Retratabilidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis* e suas relações com a umidade e densidade. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 120-127, 2003.
- RIBEIRO, F. A.; ZANI FILHO, J. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, Piracicaba, n. 46, p. 76-85, 1993.
- ROCHA, H. L. S. et al. Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 262-267, 2015.
- SAMPAIO, E. et al. **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste – APNE; Centro Nordestino de Informações sobre Plantas – CNIP, 2002. 11p.
- SANTOS, R. C. et al. Correlações entre os parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.
- SIH, G. C. Strain: energy density factor applied to mixed mode crack problems. **International Journal of Fracture Mechanics**, Groningen, v. 10, n. 3, 1974.
- SILVEIRA, L. H. C.; REZENDE, A. V.; VALE, A. T. Teor de umidade e densidade básica da madeira de nove espécies comerciais amazônicas. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 2, p.179-184, 2013.
- SOUZA, C.O. et al. Pyrolysis of *Anadenanthera peregrina* wood grown in different spacing's from a forest plantation in Brazil aiming at the energy production. **Environment, Development and Sustainability**, v. 21, n.5, p. 2487-2506, 2019.

WILLIAMSON, G. B.; WIEMANN, M. C. Age versus size determination of radial variation in wood specific gravity: lessons from eccentrics. **Trees**, v. 25, p. 585-591, 2011.

Capítulo 78

ANÁLISE POR IMAGEM DA QUALIDADE DE TORETES DE *E. grandis* x *E. urophylla* PARA PRODUÇÃO DE SERRADOS

Ramon Ferreira Oliveira¹, João Gabriel Missia da Silva¹, Marcia Fernanda Carneiro¹, Ana Paula Câmara¹, Daniela Minini¹, Alexa Barglini de Melo¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: oliveira.r.eim@gmail.com

Resumo: As extremidades de 60 toretes de 12 clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, aos 6 anos de idade e diâmetro médio de 15 cm, foram avaliadas por análise de imagem a fim de qualificar materiais para o suprimento de serrarias do estado do Espírito Santo, Brasil. Os materiais genéticos foram provenientes de uma plantação experimental localizada no município de Aracruz – ES. Os toretes da base das árvores foram fotografados após 30 dias de estocagem, para reproduzir situações extremas de gerenciamento da cadeia de suprimento das serrarias. Por meio de *software* analisador de imagens, realizou-se a mensuração e avaliação das extremidades dos toretes pelos critérios: índice de rachaduras de topo de tora (IRT), deslocamento de medula e achatamento. Aplicou-se o teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância, sendo encontrados dois grupos, e dentre estes destacou-se o clone 8, como potencial para o suprimento das serrarias, por apresentar os melhores índices de qualidade, avaliados conjuntamente. A ocorrência de apenas um clone potencial, ressalta a escassez de matérias-primas adequadas à produção de serrados e a necessidade de mais estudos para auxiliar o desenvolvimento e adequação das técnicas de serrarias a essa realidade.

Palavras chave: Metodologias por imagem, Índice de rachaduras de topo; Deslocamento de medula; Achatamento de toras.

IMAGE ANALYSIS OF THE LOGS QUALITY OF *E. grandis* x *E. urophylla* TO SAWMILLING PRODUCTS

Abstract: The ends of 60 logs of 12 *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* clones, at 6 years old and average diameter of 15 cm, were evaluated by image analysis to qualify materials for the supply of sawmills in the state of Espírito Santo. The genetic materials came from an experimental plantation in Aracruz - ES to produce cellulosic pulp. Tree base torches were photographed after 30 days of storage to reproduce extreme sawmill supply chain management situations. Employing image analyzer software, the measurement and evaluation of the ends of the torches were performed by the criteria: top crack index (TRI), spinal cord displacement and flattening. The Scott-Knott test was applied at a 5% probability level, and two groups were found. Among these, clone 8 stood out as a potential for supplying the sawmills, as it presented the best quality indexes, evaluated together. The occurrence of only one potential clone underscores the scarcity of raw materials suitable for sawmill production and the need for further studies to assist the development and adaptation of sawmill techniques to this reality.

Keywords: Methodologies by image; index of top cracks; Bone marrow displacement; Flattening of logs.

1. INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo possui atualmente uma área plantada de eucalipto correspondente a 228.488 hectares (IBA, 2019). Esta base florestal formada no estado é a principal matéria-prima disponível para o abastecimento das serrarias, que passaram a utilizar madeiras de florestas plantadas fomentadas por empresas do setor de celulose, carvão vegetal e biomassa.

O desenvolvimento de novos materiais genéticos do gênero *Eucalyptus* para atender o setor de serrados é escasso, devido a este não possuir a organização, estrutura e fonte de financiamento, quesitos estes abundantes para os setores voltados à produção de celulose e carvão vegetal (LIMA; STAPE, 2017). Dessa maneira, grande parte do volume de eucalipto serrado do estado do Espírito Santo, é proveniente de plantios melhorados para outros setores.

São atuantes no Espírito Santo 329 unidades de processamento mecânico de madeira capazes de produzir 878.343,39 m³ de madeira serrada ao ano, ao processar com maior frequência toras da classe diamétrica de 15 a 25 cm com idades de 7 a 15 anos para produzir principalmente aos seguintes produtos: pallets (30%), vigas, ripas, ripões e caibros (27%), tábuas e pranchas (16%), peças para acomodação de carga (11%) e caixas para embalagem (9%) (CEDAGRO, 2011).

Todos esses produtos, devido as características da matéria-prima apresentam dificuldades no desdobro e grande incidência de defeitos (LIMA; STAPE, 2017), o que foi objetivo de estudos que destacaram os efeitos no processo produtivo (McKENZIE, TURNER, SHELBOURNE, 2003; CUNHA et al, 2015; VEGA et al; 2015), quantificaram a incidência de defeitos como rachaduras, empenamentos e nós (CAIXETA et al, 2002; FRANÇA, 2019) e a caracterização do material (CARNEIRO, 2017). O fato da maior parte dos produtos, serem utensílios com curto ciclo de utilização destinados a acomodação e armazenamento de outros produtos é um indício da utilização de matéria-prima de qualidade inferior, mas que deve-se ter um critério mínimo e um método de avaliação.

A avaliação dos materiais genéticos disponíveis é necessária para gerar o embasamento e o conhecimento às serrarias de pequeno e médio porte, que precisam adequar suas técnicas de operação ao material disponível, para evitar o aumento dos desperdícios, resíduos e custos. A análise da imagem de topo de toras é uma técnica vantajosa pois pode ser obtida com facilidade e flexibilidade, ofertando um rápido retorno e excelente precisão, com a necessidade apenas do uso de objeto padrão de dimensões conhecidas, para escala no momento da mensuração do software.

A utilização desta metodologia tem por finalidade aprimorar a apresentada por Lima, Garcia e Piedade (2002), evitando-se a mensuração manual com uso de réguas graduadas e paquímetros, utilizando-se smartphones e câmeras como ferramentas de captura das imagens digitais para posterior mensuração. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os índices de qualidade de toretes de clones de eucalipto por análise de imagens, ponderando a seleção para a produção de serrados, bem como a viabilidade do método de análise de imagens para esta finalidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Informações do plantio, amostragem e coleta do material

Foram avaliados 12 clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, com 6 anos de idade em espaçamento 3 x 3 m, provenientes de plantação experimental da empresa Suzano localizada no município de Aracruz -ES, nas coordenadas geográficas latitude 19° 49' 11" Sul e longitude 40° 16' 27". Foram coletadas cinco árvores de cada clone, escolhidas ao acaso dentro

das parcelas experimentais. Foi retirado um torete de 50 cm entre a base e o diâmetro a altura do peito (DAP) de cada árvore para a realização das análises dos índices de qualidade. Os toretes foram avaliados após 30 dias de estocagem para reproduzir condições extremas de gerenciamento de matéria-prima que podem ocorrer nos pátios das serrarias do estado do Espírito Santo, onde as toras ficam expostas à intempéries (sol, chuva, raios solares, organismos xilófagos), o que desfavorece o processo de desdobro, pois são desenvolvidos nesse período os defeitos referentes às tensões de crescimento e secagem natural.

2.2 Critérios de avaliação por imagem

Como critérios para a avaliação da qualidade dos toretes foram estabelecidos o índice de rachaduras de topo (IRT), deslocamento de medula (DM) e achatamento (Achat).

A extremidade do torete com maior incidência de rachaduras foi fotografada 30 dias após o corte com uma câmera digital, posicionada a uma distância padrão de 1 metro e em direção ao eixo longitudinal da tora. As fotografias foram analisadas por meio do software Image-Pro Plus® (Version 4.5.0.29) para a mensuração dos diâmetros das toras, dos raios de deslocamento da medula e do comprimento e abertura das rachaduras (Figura 1). Utilizou-se uma moeda de um real como padrão de escala (SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2019).

Figura 1. “Software” analisador de imagens Image-Pro Plus® (Version 4.5.0.29) utilizado para medição dos diâmetros das toras, raios de deslocamento da medula, e comprimento e abertura das rachaduras

Fonte: Autores (2020).

O cálculo do IRT foi de acordo com a metodologia proposta por Lima, Garcia e Piedade (2002). O deslocamento de medula foi mensurado pela adaptação da metodologia proposta por Lima, Garcia e Stape (2007), subtraindo-se o maior raio pelo raio médio. O achatamento dos toretes foi calculado pela relação entre o menor e o maior diâmetro de uma mesma extremidade. A avaliação e classificação do achatamento das toras seguiu a Norma para Medição e Classificação de Toras de Folhosas [SU (>90%), I (>=80%), II (>=70%) e III (>= 60%)] (IBDF, 1984). As rachaduras foram classificadas em I, Y e X conforme Mattheck & Walther (1991).

2.3 Análise estatística

A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado e o efeito dos clones foi verificado pela aplicação da análise de variância (ANOVA). Havendo diferença significativa entre as médias dos índices de qualidade dos clones pelo teste F, foi adotado o teste de Scott-Knott em nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor médio encontrado de IRT de todos os clones foi de 1,25% para as árvores aos 6 anos de idade, variando de 0,37 a 2,40%, um valor muito a cima do comumente apresentado na literatura disponível, onde são encontradas médias de 0,81% aos 21 anos, variando de 0,72 a 0,89% (LIMA, GARCIA, STAPE, 2007). Aos 13 anos o valor médio encontrado é de 0,43%, variando de 0,24 a 0,66% (FRANÇA, 2014), de 0,46% aos 8 anos, variando de 0,14 a 1,23% (BELTRAME et al, 2015), e 0,36% aos 10 anos, variando de 0,2 a 0,70% (FRANÇA, 2019).

Dentro dos parâmetros avaliados o IRT foi considerado como a análise de maior influência negativa no processamento das toras e por ser abordado em diversas pesquisas (LIMA, GARCIA, STAPE, 2007; MALAN, 2008; FRANÇA, 2014; TREVISAN, 2014; BELTRAME et al, 2015; CUNHA et al, 2015; VEGA et al, 2015; BRITO, SEVERO, CALONEGO, 2016; FRANÇA, 2019). Seguindo essa mesma ordem tem-se o DM e o Achat, apresentados nas Tabelas 1 e 2.

O elevado valor médio de IRT é consequência das propriedades da madeira de eucalipto aos 6 anos, que por ter as características de material jovem não possui resistência suficiente para suportar as tensões atuantes em sua área estrutural do tronco após o corte, havendo o desequilíbrio das forças internas. As rachaduras nos topos dos toretes são decorrentes da atuação das tensões de crescimento (com ocorrência apenas nas primeiras 72 h após o corte) e das tensões de secagem (com ocorrência durante os 30 dias de estocagem) (FRANÇA, 2014; SILVA et al, 2019).

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão (σ) do diâmetro, índice de rachaduras de topo (IRT) deslocamento de medula (DM) achatamento (Achat) e porcentagens dos perfis de rachadura dos toretes (I, Y e X) dos clones de “*E. grandis* x *E. urophylla*”

Clone	D médio (cm)	IRT (%)	DM (cm)	Achat (%)	Racha I (%)	Racha Y (%)	Racha X (%)
1	16,35	1,363 a 41,61	1,17 b 46,10	82,45 a 7,11	40	60	0
2	15,63	1,654 a 17,19	1,28 b 22,77	77,80 a 1,82	60	40	0
3	14,39	1,010 b 25,62	2,02 a 33,24	73,62 b 8,12	80	20	0
4	15,64	2,390 a 29,03	2,00 a 31,95	74,01 b 5,22	0	40	60
5	13,58	1,504 a 38,69	1,17 b 48,86	81,47 a 8,56	20	60	20
6	15,24	1,630 a 27,10	1,39 b 32,19	78,98 a 4,63	0	40	60
7	13,93	0,861 b 27,88	0,99 b 35,35	80,78 a 6,48	20	80	0
8	16,57	0,369 b 27,99	1,07 b 15,81	82,13 a 2,74	40	60	0
9	15,10	1,627 a 97,53	1,94 a 31,23	75,25 b 6,36	0	100	0
10	15,28	1,019 b 52,81	1,85 a 45,08	72,99 b 9,20	20	60	0
11	14,29	0,805 b	1,07 b	79,43 a	20	80	0

		27,00	31,00	7,69			
12	13,84	0,802 b	1,12 b	81,03 a	40	60	0
		15,95	25,38	6,42			
Média	14,98	1,25	1,42	78,33			
		60,61	42,69	7,30			

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

O valor médio de deslocamento de medula foi de 1,42 cm, com variação de 0,99 a 2,02 cm em relação ao centro geométrico da tora. Tal valor está acima da média de 0,77 cm de deslocamento de medula observada por LIMA, GARCIA, STAPE (2007) para *Eucalyptus grandis* aos 21 anos. A explicação possível neste estudo para o elevado deslocamento da medula é o fato da idade mais jovem e a influência genética do clone *E. grandis* x *E. urophylla*.

Não foram registrados no estudo de caracterização do material (CARNEIRO, 2017) as informações sobre declividade da área e as condições e incidências de ventos. Essas informações são importantes para justificar o valor médio de deslocamento de medula, uma vez que quanto maior a declividade da área e incidências de ventos maior será a produção de madeira de reação nas árvores e essa madeira apresentará uma intensidade maior no deslocamento de medula (CHAUHAN et al, 2006; SHMULSKY, JONES, 2011).

A madeira dos clones estudados apresenta predominantemente o perfil de rachadura “Y”, seguido dos perfis “I” e “X”, respectivamente (Tabela 1). A Figura 2 apresenta e exemplifica os perfis de rachaduras abordados. A predominância dos perfis em formato “Y” indica que esse material apresentou muitas rachaduras e isso dificultará o processo de desdobro acarretando redução no rendimento, por necessitar de maior movimentação das toras no carro porta-toras ou no descarte do topo, devido a profundidade da rachadura em sentido longitudinal da tora (McKENZIE, TURNER, SHELBOURNE, 2003; CUNHA et al, 2015; Silva et al, 2019).

Figura 2. Perfis das rachaduras de topo de toretes de clones de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 6 anos de idade

Fonte: Adaptado de Mattheck & Walther (1991).

As toras dos clones de *E. grandis* x *E. urophylla* variaram entre a classe I e II, com 72 a 82% de achatamento. Os valores médios de achatamento de 94,70% observado por Polli et al. (2006) para toras de um clone de *Eucalyptus grandis* aos 55 meses, inferem melhor qualidade do que os clones avaliados neste trabalho, para este parâmetro.

Segundo a classificação apresentada do IBDF apresentada anteriormente para achatamento de tora, nenhum clone se qualifica como superior, atingindo apenas a classe 1, os clones 1, 8, 5, 12 e 7, e a classe 2, os demais. Portanto, o material avaliado é caracterizado como de qualidade intermediária quanto ao seu achatamento.

Por meio do ranqueamento dos clones seguindo a ordem de influência nas operações de desdobro (IRT, DM e Achat) e sequenciando os valores dos parâmetros do superior para o inferior é possível identificar quais apresentam melhor qualidade, observando os clones que aparecem nas primeiras linhas da Tabela 2.

Tabela 2. Ranqueamento dos valores médios de diâmetro, índice de rachaduras de topo, deslocamento da medula e achatamento de toretes de *E. grandis* x *E. urophylla* aos 6 anos de idade

Clone	D médio (cm)	Clone	IRT (%)	Clone	DM (cm)	Clone	Achat (%)
1	16,35	12	0,802 b	8	1,07 b	8	82,13 a
2	15,63	7	0,861 b	12	1,12 b	12	81,03 a
3	14,39	5	1,504 a	6	1,39 b	2	77,80 a
4	15,64	11	0,805 b	11	1,07 b	5	81,47 a
5	13,58	4	2,390 a	3	2,02 a	10	72,99 b
6	15,24	10	1,019 b	5	1,17 b	11	79,43 a
7	13,93	6	1,630 a	9	1,94 a	4	74,01 b
8	16,57	8	0,369 b	7	0,99 b	1	82,45 a
9	15,1	1	1,363 a	2	1,28 b	6	78,98 a
10	15,28	3	1,010 b	1	1,17 b	7	80,78 a
11	14,29	9	1,627 a	10	1,85 a	9	75,25 b
12	13,84	2	1,654 a	4	2,00 a	3	73,62 b

O clone 8 apresentou o maior diâmetro médio (16,57 cm), com o menor IRT (0,369 %), menor deslocamento de medula (1,07 cm), achatamento classe 1 (82,13 %) e somente rachaduras do tipo I e Y, com 40 e 60 %, respectivamente.

Os clones 3, 4, 9 e 10, apresentados na parte inferior da Tabela 2, para os parâmetros DM (seguidos pela letra a) e Achat (seguidos pela letra b) podem ser indicados como o grupos matérias-primas de qualidade inferior para utilização em serrarias, pois no parâmetro IRT estes possuem valores superiores a 1 %, não condizente com a média esperada e encontrada em literatura, citada anteriormente.

4. CONCLUSÃO

Dentre os clones avaliados de *E. grandis* x *E. urophylla*, destaca-se o potencial do clone 8 para o suprimento das serrarias, pois ele apresentou os melhores índices de qualidade avaliados em conjunto. Os demais não são ideais para utilização em serrarias, mesmo que na atual realidade das serrarias eles ainda sejam utilizados devido escassez de matéria-prima apropriada.

A presença de apenas um clone potencial, ressalta a escassez de matérias-primas adequadas à produção de serrados, e que estas necessitam ser continuamente estudadas para auxiliar no desenvolvimento e adequação das técnicas de serrarias.

A metodologia de análise de imagem por software permite a avaliação e seleção de materiais para produção de serrados utilizando os parâmetros: índice de rachaduras de topo, deslocamento de medula e achatamento.

5. AGRADECIMENTOS

À empresa Suzano pela doação do material pesquisado, à FAPES e CAPES pelo financiamento da estrutura dos laboratórios e concessão de bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BELTRAME, R.; PERES, M. L.; LAZAROTTO, M.; GATTO, D. A.; SCHNEID, E.; HASELEIN, C. R. Tensão de crescimento e sua relação com as rachaduras de topo em toras de *Eucalyptus* spp. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 63-74, mar. 2015.
- BRITO, A. F.; SEVERO, E. T.; CALONEGO, F. W. Caracterização das rachaduras em mourões de oito Espécies de eucalipto. **Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 31, n.1, p.59-63, jan.-mar. 2016.
- CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S. Classificação de *Eucalyptus* relacionados com a qualidade da madeira após a secagem natural. **Scientia Forestalis**. N61, p. 49-58, 2002.
- CARNEIRO, M. F. **Qualidade da madeira de clones de eucalipto utilizados na produção de celulose**. 2017 Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO – CEDAGRO. **Dimensionamento do mercado capixaba dos produtos florestais madeiráveis**. Vitória – ES, 2011, p. 106.
- CHAUHAN, S; ET AL. Wood Quality: multifaceted opportunities. In: WALKER, J. C. F. **Primary wood processing: principles and practice**. Springer, 2006, p. 169-202.
- CUNHA, A. B.; FRANÇA, M. C.; ALMEIDA, C. C. F.; GORSKI, L.; CRUZ, R. C.; SANTOS, D. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 241 - 250, abr. / jun. 2015.
- FRANÇA, F. J. N. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.
- FRANÇA, M. C; JUIZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; KLITZKE, R. J.; SILVA, J. R. M.; CONTI Jr., J. L. F.; BASSA, A. G. M. C. Qualidade da tora e da madeira de clones de *Eucalyptus* para a utilização na indústria de madeira serrada. **Ciência da Madeira**, v. 10, p 8-17, 2019.
- INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. **Relatório Ibá 2019**. São Paulo, 2019, 79 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL – IBDF. **Norma para classificação de toras de madeiras de folhosas**. Brasília, 1984, 40 p.
- LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. de S. Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Forestalis**, n. 61, p. 13-24, 2002.
- LIMA, I. L. de; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de toras de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 170-177, abr./jun. 2007.
- LIMA, I. L. de; STAPE, J. L. Caracterização da madeira serrada em clones de *Eucalyptus*. **Pesq. flor. bras.**, v. 37, n. 89, p. 55-62, 2017.
- MALAN, F. S. Clonal differences in log end splitting in *Eucalyptus grandis* in relation to age, parent performance, growth rate and wood density in two even-aged trials in Mpumalanga, South Africa. **Southern Forests**, v.70, p. 37-43, 2008.

- MATTHECK, C.; WALTHER, F. A new felling technique to avoid end-splitting of deciduous trees. Karlsruhe: **Karlsruhe Nuclear Research Centre**; Institute for Materials Research, 1991.
- McKEINZIE, H. M., TURNER, J. P. C., SHELBOURNE, C. J. A. Processing young plantation-grown *Eucalyptus nitens* solid-wood products. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 33, p. 62-78, 2003.
- POLLI, H. Q.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J. E. M.; FONTAN, I. da C. I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 557-566, 2006.
- SHMULSKY, R.; JONES, P. D. **Forest products and wood science: an introduction**. Wiley-Blackwell, 2011, 6 ed. 477p.
- SILVA, J. G. M.; VIDDAURRE, G. B.; MININI, D.; OLIVEIRA, R. F.; ROCHA, S. M. G.; GONÇALVES, F. G. Qualidade da madeira de mogno brasileiro plantado para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 1-12, mar. 2019.
- TREVISAN, R.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; GATTO, D. A. Efeito do desbaste nas rachaduras de topo das toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 193-204, jan.-mar., 2014.
- VEGA, M.; HAMILTON, M. G.; BLACKBURN, D. P.; McGAVIN, R. L.; BAILLÈRES, H.; POTTS, B. M. Influence of site, storage and steaming on *Eucalyptus nitens* log-end splitting. **Annals of Forest Science**, v. 73, p. 257-266, jun. 2016.

Capítulo 79

PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA DE GALHOS DE *Swietenia macrophylla* King. POR CLASSES DIAMÉTRICAS

Alexa Barglini de Melo¹, João Gabriel Missia da Silva¹, Ramon Ferreira Oliveira¹,
Graziela Baptista Vidaurre¹, Sofia Maria Gonçalves Rocha¹,
Ana Paula Câmara da Silva¹

¹ Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil
Autor correspondente: alexabmelo@gmail.com

Resumo: As árvores de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) são susceptíveis ao ataque da *Hypsipyla grandella* Zeller, o que gera a redução da altura comercial e bifurcações do fuste e o aumento do volume de resíduos florestais, principalmente, na forma de galhos. Sendo importante encontrar utilizações potenciais para este material. Teve-se por objetivo avaliar o efeito de classes diamétricas nas propriedades físicas da madeira de galhos de mogno brasileiro. Amostrou-se oito árvores de *Swietenia macrophylla* com 14 anos de idade de uma plantação comercial, localizada em Luziânia, Goiás, Brasil. Os galhos foram selecionados aleatoriamente na copa, em duas classes de diâmetro com casca: i) 4 - 10 cm (galhos finos) e ii) > 10 cm (galhos grossos). Retirou-se discos de madeira de cada classe de diâmetro dos galhos, totalizando 16, e amostras em seis posições (medula, intermediária e casca, lados A e B) do diâmetro dos discos. As propriedades físicas da madeira foram determinadas de acordo com normas técnicas vigentes. A madeira dos galhos apresentou densidade classificada como leve, e contrações médias a altas. As classes diamétricas não influenciaram a densidade e estabilidade dimensional da madeira de galhos de mogno brasileiro.

Palavras chave: Qualidade da madeira; Resíduos florestais; Floresta plantada.

PHYSICAL PROPERTIES OF BRANCH WOOD OF THE *Swietenia macrophylla* King. BY DIAMETER CLASSES

Abstract: Brazilian mahogany trees (*Swietenia macrophylla*) are susceptible to the attack of *Hypsipyla grandella* Zeller, which leads to a reduction in the commercial height and forks of the stem and an increase in the volume of forest waste, mainly in the form of branches. It is important to find potential uses for this material. The aim of this study was to evaluate the effect of diameter classes on wood physical properties of Brazilian mahogany branches. Eight 14-year-old *Swietenia macrophylla* trees were sampled from a commercial plantation located in Luziânia, Goiás, Brazil. The branches were randomly selected in the crown, in two bark diameter classes: i) 4 - 10 cm (thin branches) and ii) > 10 cm (thick branches). Wood disks were taken from each diameter class of the branches, totaling 16, and samples in six positions (pith, intermediate and bark, sides A and B) of disk diameter. The physical properties of the wood were determined according to current technical standards. The branch wood presented density classified as light, and medium to high shrinkage. The diameter classes did not influence the density and dimensional stability of wood from Brazilian mahogany branches.

Keywords: Wood quality; Forestal Waste; Planted forest.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Swietenia macrophylla* King. conhecida popularmente como mogno e no mercado internacional, como Mahogany ou caoba, é uma das madeiras mais valiosas e almejadas do mundo, dados as suas características físico-mecânicas, estética, trabalhabilidade e durabilidade (ARÉVALO, 2002; SILVA et al., 2019). As plantações comerciais de mogno são prejudicadas pelo ataque da *Hypsipyla grandella* Zeller, que altera o crescimento, gera a bifurcação do fuste e consequentemente, diminui a sua altura e aumenta o comprimento da copa das árvores, sendo necessárias intervenções contínuas na floresta, o que adiciona mais custo por hectare.

Tendo em vista, o volume de material, principalmente na forma de galhos, que poderá ser gerado na exploração comercial das florestas que estão em desenvolvimento no Brasil, é importante definir formas de utilização com melhor relação custo: benefício. O alto volume de resíduos deixados em campo, prejudica as operações de manejo e colheita, podem contribuir para a proliferação de pragas e doenças e aumentar o risco de incêndios florestais pelo estoque de material combustível no solo.

A utilização de resíduos florestais é uma prática conhecida e viável comercialmente em muitos países (HALL; HOUSE; SCRASE, 2005). Porém, a falta de uma utilização mais eficiente e de valor agregado dos galhos, dificulta o início de uma nova cadeia de produção (BRAZ et al., 2014), o que também ocorre para outras espécies (BRITO, 1996). Ao considerar o investimento no plantio e manejo da floresta é fundamental otimizar o uso dos galhos, e para tal, se torna necessário conhecer as dimensões e forma, as propriedades do lenho e métodos de beneficiamento deste material como subprodutos madeireiros.

A avaliação do uso potencial da madeira de galhos se configura a partir do estudo de suas propriedades físico-mecânicas, as quais são importantes para definir a aplicação adequada entre diversas possibilidades, principalmente aquelas que requerem maior resistência (ARAÚJO, 2007). Entre essas propriedades, a densidade básica da madeira é uma importante variável a considerar em sua utilização, visto que sua variação apresenta relação com outras propriedades, entre elas a estabilidade dimensional, resistência e rigidez (BATISTA et al., 2010; LOBÃO et al., 2004).

Os galhos mais finos ou de pequeno diâmetro podem apresentar além de menor idade de formação, maior porcentagem de alburno. E, é através dessa região ativa que os compostos necessários para a sobrevivência das árvores são translocados, sendo, portanto, as atividades fisiológicas intensificadas (SANTANA et al., 2012). Essas características terão efeito sobre o lenho formado, inicialmente na anatomia e química e consequentemente nas propriedades físicas. Logo, poderá ocorrer diferenças na qualidade da madeira dos galhos com a classe diamétrica.

O objetivo desse trabalho foi avaliar efeito de classes diamétricas nas propriedades físicas da madeira de galhos de mogno brasileiro plantado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material foi coletado em plantação comercial (área 36,5 hectares) da empresa Celeiro Floresta Criativa, a 30 km da cidade de Luziânia, Goiás. O plantio foi realizado com mudas provenientes de sementes de *Swietenia macrophylla* adquiridas na Região Norte do Brasil. Foram amostradas oito árvores de mogno brasileiro, aos 14 anos de idade, selecionadas ao long da plantação pelo diâmetro médio representativo do talhão e altura comercial, definida na posição da primeira bifurcação (superior ou igual a 5 metros). As árvores apresentaram altura total média de 12,7 m e DAP médio de 23,5 cm.

Após a colheita das árvores, a madeira do fuste foi direcionada a outros estudos de caracterização e o material da copa separado para este estudo. Selecionou-se aleatoriamente na área da copa, galhos retos com 1 m de comprimento em duas classes de diâmetro com casca: i) 4 – 10 cm e ii) > 10 cm, nas quais eles foram classificados como finos e grossos, respectivamente.

Do galho selecionado para cada classe diamétrica, retirou-se um disco de madeira (5 cm de espessura), totalizando 16 discos (1 disco x 2 classes x 8 árvores). Foram retiradas amostras orientadas (1 x 2 x 2 cm, direções radial, tangencial e longitudinal) em seis posições no sentido casca-casca (Figura 1), a depender do diâmetro dos discos, para a avaliação das propriedades da madeira.

Avaliou-se a densidade básica e as contrações da madeira (longitudinal, radial, tangencial e volumétrico), conforme a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 7190, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997). O fator anisotrópico foi calculado pela relação entre as contrações tangencial e radial. As propriedades físicas da madeira foram classificadas de acordo com os critérios da Tabela 1.

Figura 1. Esquema de amostragem dos discos

O efeito das classes diamétricas nas propriedades físicas da madeira dos galhos foi avaliado pelo teste F da ANOVA, ao nível de 5% de significância.

Tabela 1. Classificação das propriedades físicas da madeira

Propriedade Física	Muito baixa	Baixa / leve ¹	Média	Alta / pesada ¹	Muito alta	Autor
Densidade básica (g cm ⁻³)	-	< 0,50	0,50 – 0,80	> 0,80	-	Nennewitz et al. (2008)

Contração radial (%)	0 – 2,0	2,1 – 3,0	3,1 – 4,0	4,1 – 5,0	≥ 5,1	Bárcenas (1985)
Contração tangencial (%)	0 – 3,5	3,6 – 5,0	5,1 – 6,5	6,6 – 8,0	≥ 8,1	
Contração volumétrica (%)	0 – 5,5	5,6 – 8,0	8,1 – 10,5	10,6 – 13,0	≥ 13,1	
Fator anisotrópico	-	1,0 – 1,7	-	1,71 – 2,3	≥ 2,3	

Nota: ¹ Classificação para densidade da madeira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade da madeira de galhos finos ($0,493 \text{ g cm}^{-3}$) e grossos ($0,490 \text{ g cm}^{-3}$) de *Swietenia macrophylla*, na idade de 14 anos, não diferiu significativamente entre as duas classes diamétricas, apresentadas na Tabela 2. A madeira dos galhos foi classificada como de leve densidade, segundo classificação proposta por Nennevitz et al. (2008).

Tabela 2. Propriedades físicas da madeira dos galhos de árvores de “*Swietenia macrophylla*” aos 14 anos de idade por classe diamétrica

Classes diamétricas	DB (g cm^{-3})	CA (%)	CR (%)	CT (%)	CV (%)	FA
Galhos finos (4-10 cm)	0,493 ^{ns}	0,60 ^{ns}	4,24 ^{ns}	5,17 ^{ns}	9,73 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Galhos grossos (> 10 cm)	0,490	0,62	4,27	5,65	10,24	1,37
Média	0,492	0,61	4,26	5,41	9,98	1,32
Classe ¹	Leve	-	Alta	Média	Média	Baixo

Nota: DB: Densidade básica; CA: Contração axial; CR: Contração radial; CT: Contração tangencial; CV: Contração volumétrica; FA: Fator anisotrópico. ¹ Classificação de Bárcenas (1985) e Nennevitz et al. (2008). ^{ns} não significativo ($P > 0,05$) pelo teste t de Student.

As contrações axial, radial, tangencial e volumétrica da madeira dos galhos não foram influenciadas pela classe diamétrica. De acordo com Durlo e Marchiori (1992), as maiores alterações dimensionais da madeira ocorrem no sentido tangencial, seguido pela dimensão radial, sendo praticamente desprezível no sentido axial, proporção também observada para a madeira dos galhos de mogno brasileiro.

As contrações lineares e volumétricas da madeira dos galhos foram classificadas como média a alta, sendo necessário buscar alternativas para amenizar os efeitos das contrações nas peças produzidas. Medidas como a secagem artificial até a umidade de equilíbrio na qual será utilizada a madeira e a proteção da superfície com aplicação de produtos de acabamento como ceras, vernizes, tintas, entre outros produtos, contribuem com a mitigação dos efeitos das contrações.

O fator anisotrópico da madeira de galhos de *Swietenia macrophylla* foi considerado baixo de acordo com a classificação de Bárcenas (1985). A madeira de galho teve fator anisotrópico próximo do valor obtido por Mainieri e Chimelo (1989). Reboleto (2016), estudou a madeira de fuste das mesmas árvores utilizadas neste trabalho e obteve fator anisotrópico de 1,80, classificado como alto. Logo a madeira de galhos apresentou melhor estabilidade dimensional quando comparada a madeira do fuste, principalmente, em função da sua menor contração tangencial.

A classe diamétrica dos galhos não ter influenciado nas propriedades físicas estudadas pode estar relacionada a ocorrência ou não de lenho de reação, formação de cerne e alburno e idade.

A partir dos modelos de orientação angular dos galhos reunidos por Fisher e Stevenson (1981) é explicitado que em algumas angulações dos galhos em relação ao eixo axial do fuste

pode não ocorrer formação de lenho de reação. Como no modelo Koriba, o qual se assemelha a espécie em estudo, a formação de galhos laterais toma um crescimento vertical e estes passam a ter função de um fuste sem lenho de reação com formação de novos galhos.

A baixa ou não presença de cerne, devido aos galhos se comportarem como novos fustes em início de formação e em árvores de idade juvenil (14anos), atrelada a condição anterior podem justificar a homogeneidade das propriedades físicas nas duas classes diamétricas.

4. CONCLUSÃO

A madeira de galhos de *Swietenia macrophylla* apresentou baixa densidade e altas contrações lineares e volumétrica. Contudo, essas propriedades físicas não foram alteradas pela classe diamétrica.

5. AGRADECIMENTOS

À Celeiro Floresta Criativa pela disponibilização do material e à UFES pela infraestrutura e condições para realização dessa pesquisa. À CAPES e FAPES pelo financiamento e bolsas de pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 399-416, 2007.
- ARÉVALO, R. L. F. **Influence des composantes secondaires et de la structure anatomique sur les propriétés physico-mécaniques du bois d' acajou (*Swietenia macrophylla* king).** 2002. 167 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Laval, Quebec, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- BÁRCENAS, G. **Recomendaciones para el uso de 80 maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional.** Xalapa, México: Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera (LACITEMA). 1985.
- BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, out-dez., 2010.
- BRAZ, L. R.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; BECKER, G.; SILVA, D. A. da. Resíduos da colheita florestal e do processamento da madeira na Amazônia - uma análise da cadeia produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v. 5, n. 2, p. 168-181, 2014.
- BRITO, E. O. Estimativa da produção de resíduos na indústria brasileira de serraria e laminação. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 4, n. 26, p. 34-39, 1996.
- DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33 p.
- FISHER J. B.; STEVENSON, J. W. Occurrence of Reaction Wood in Branches of Dicotyledons and Its Role in Tree Architecture. **Botanical Gazette**, Chicago, v.142, n. 1 p. 82-95, 1981.

HALL, D. O.; HOUSE, J.I.; SCRASE, I. Visão geral de energia e biomassa. In ROSILLO-CALE; BAJAY; ROTHMAN. **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP, 2005.

LOBÃO, M. S.; LÚCIA, R. M. D.; MOREIRA, S. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989. 418 p.

NENNEWITZ, I.; NUTSCH, W.; PESCHEL, P.; SEIFERT, G. **Manual de Tecnologia da Madeira**. São Paulo: Blucher, 2008. 354 p.

REBOLETO, I. D. **Propriedades físico-mecânicas da madeira de mogno brasileiro proveniente de plantios homogêneos**. 2016. 38 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2016.

SANTANA, W. M. S.; CALEGARIO, N.; ARANTES, M. D. C.; TRUGILHO, P. F. Effect of age and diameter class on the properties of wood from clonal *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 1-8, 2012.

SILVA, J. G. M.; VIDAURRE, G. B.; MININI, D.; OLIVEIRA, R. F.; ROCHA, S. M. G.; GONÇALVES, F. G. Qualidade da madeira de mogno brasileiro plantado para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 1-12, 2019.

Capítulo 80

EXTRATOS TÂNICOS DE *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul EXTRAÍDOS EM SOLUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE SÓDIO

Jaqueline Rocha de Medeiros¹, Leandro Calegari², Tales Junior dos Santos¹,
Mônica Taires Rodrigues¹, Alison Moreira da Silva¹, Emilly Soares Gomes da Silva¹

¹Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

²Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Brasil

Autor correspondente: jaquelinerocha256@gmail.com

Resumo: O Angico vermelho é muito utilizado no Nordeste brasileiro para o curtimento de peles, esse uso no entanto é realizado de maneira empírica, e não sustentável. É necessário realizar a extração dos extratos tânico de forma mais sustentável e eficiente, para melhorar as condições dos curtumes. Assim, essa pesquisa objetivou comparar a qualidade dos extratos tânico em pó, provenientes da casca de Angico vermelho extraídos em meio aquoso, com e sem a adição de 2,5% de hidróxido de sódio. Para a análise da qualidade foi preparada uma solução analítica com concentração ajustada para 0,4% de taninos puros. A inclusão de hidróxido de sódio na água revelou melhores resultados para sólidos solúveis e teor tânico, justificando que a adição de hidróxido de sódio maximiza a qualidade do extrato tânico. A adição do hidróxido de sódio a água proporcionou maior teor de taninos condensados da casca.

Palavras chave: Taninos vegetais; Produtos florestais não madeireiros; Substâncias extratoras.

TANNIC EXTRACTS OF *Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) ALTSCHUL EXTRACTED IN SODIUM HYDROXIDE SOLUTION

Abstract: The Angico Vermelho is widely used in the Nordeste Brasileiro for tanning fur, however its use is done in an empirical way, and not sustainable. It is necessary to extract tannic extracts more sustainably and efficiently to improve the condition of the tanneries. The objective of this research was to compare the quality of tannic extracts extracted from Angico Vermelho bark extracted in aqueous medium, with and without the addition of 2.5% sodium hydroxide. Extractions were performed by autoclaving at 120°C for 2 hours, using 5,000 mL of water and 210 g of air-dried bark. For the quality analysis an analytical solution with a concentration adjusted to 0.4% pure tannins was prepared. The inclusion of sodium hydroxide in water also showed better results for soluble solids and tannin content, justifying that the addition of sodium hydroxide maximizes the quality of the tannic extract. The addition of sodium hydroxide to water also provided a higher content of bark condensed tannins.

Keywords: Vegetable tannins; Non-timber forest products; Extracting substances.

1. INTRODUÇÃO

Os taninos vegetais são um grupo de compostos polifenólicos de grandes massas moleculares, que não possuem composição química definida, as quais possuem a habilidade de se fixarem a proteínas, carboidratos, alcalóides, vitaminas e minerais (CALEGARI et al., 2016). Podem ser encontrados em diversas partes do vegetal como casca, frutos e sementes, sendo encontrados em maiores quantidades na casca e no lenho (LOPES, 2016).

A composição química dos taninos pode ser alterada, produzindo assim taninos com propriedades diferentes, utilizando os métodos químicos de sulfitação e hidrólise. Para a sulfitação é adicionado um solvente extrator (hidróxido de sódio, sulfito, dentre outros), em solução aquosa com o emprego de uma fonte de calor, visando melhoria da qualidade e aumento da quantidade de taninos extraídos (LOPES, 2016).

A extração dos taninos, em algumas regiões é realizada de forma não sustentável, pois as cascas do Angico vermelho são colocadas em tanques com água e há o curtimento da pele animal, segundo a metodologia descrita por Meunier e Ferreira (2015). A extração não sustentável requer um grande volume de cascas, esse fato se deve ao não conhecimento por parte de alguns curtumes do uso do extrato tânico em pó. Dessa forma, observa-se que se houver o emprego do extrato tânico em pó, será possível utilizar o recurso de forma sustentável, com o uso de menores quantidades de casca.

O objetivo desse estudo foi comparar a qualidade dos extratos tânicos em pó, provenientes da casca de Angico vermelho extraídos em meio aquoso, com e sem a adição de 2,5 % de hidróxido de sódio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas cascas de dez árvores adultas de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Griseb.) Altschul), com idades desconhecidas localizadas no Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Patos/PB (7°1'28" de latitude S, 37°16'48" de Longitude W e altitude de 242 m). Foram realizadas duas extrações com 5 L de água e 210 g de cascas de Angico-vermelho, uma em meio aquoso, e a outra com adição de Hidróxido de sódio (2,5% em relação a massa seca), cada tratamento teve três repetições. A solução foi coada para tirar as partículas grosseiras, e o líquido foi submetido a estufa a 70°C até obtenção da massa constante.

O material proveniente da secagem da estufa, extrato bruto, foi beneficiado e teve seu valor corrigido para gerar uma solução com 0,4% de taninos puros, conforme a recomendação da norma D 4905 (ASTM, 2009a). Para avaliar os parâmetros de qualidade dos extratos tânicos foram determinados os sólidos totais e umidade, sólidos solúveis e sólidos insolúveis, teor de tânico e teor de não tânico, as determinações foram feitas seguindo as recomendações das normas D 4903 (ASTM, 2009c), D 6402 (ASTM, 2009b), D 6401 (ASTM, 2009d), respectivamente.

Com essas determinações, foram avaliados os indicadores de qualidade $SS\%/ST\%$ = razão entre sólidos solúveis e sólidos totais presentes no extrato em pó; $SS_{tt}\%/ST\%$ = razão entre sólidos solúveis tânicos (teor de tânico) e sólidos totais; $SS_{tt}\%/SS\%$ = razão entre sólidos solúveis tânicos (teor de tânico) e sólidos solúveis; $SS_{tt}\%/SS_{nt}\%$ = razão entre sólidos solúveis tânicos (teor de tânico) e solúveis não tânico e o teor de taninos condensados da casca (TTCcasca).

Foi utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), onde as partículas de cascas obtidas dos dez indivíduos foram misturadas antes de serem submetidos à extração.

Foi analisada apenas a solução extratora, com dois níveis (tratamentos água pura e água com o hidróxido de sódio [NaOH]), e para cada tratamento foram avaliadas três repetições, totalizando assim 6 extrações. Os valores médios das variáveis referentes às repetições foram obtidos através de duplicatas e as extrações foram feitas alternativamente para cada um dos tratamentos. As variáveis dependentes foram comparadas por meio do teste Kruskal-Wallis, no software Assistat, sendo considerados 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral da massa do extrato seca ao ar foi de 7,96 g. Nessas condições, o extrato apresentou 92,17% de sólidos totais, 7,83% de umidade, os sólidos solúveis foram de 79,23% e os insolúveis de 12,95%, com teor de taninos 50,92% e de não taninos de 28,32% (Tabela 1).

Tabela 1. Massa seca ao ar do extrato de *Anadenanthera colubrina* utilizado no preparo da solução analítica e caracterizações

Solução Extratora	N	Me sa (g)	ST %	U	SS	SI	TT	TnT
Água	3	8,30 (1,49)	93,63 (1,23)	6,37 (18,09)	76,70 (3,22)	16,95 (18,52)	48,26 (3,04)	28,46 (7,82)
Água + NaOH	3	7,62 (4,27)	90,71 (2,05)	9,30 (19,98)	81,77 (2,04)	8,94 (13,58)	53,58 (4,23)	28,19 (11,68)
Geral	6	7,96 (5,28)	92,17 (2,31)	7,83 (27,15)	79,23 (4,18)	12,95 (36,35)	50,92 (6,47)	28,32 (9,71)
H		17,74*	10,62*	10,62*	16,84*	17,33*	14,53*	0,19 ns

Nota: Em que: N = número de repetições; Me sa = massa do extrato seco ao ar usado no preparo da solução analítica; ST% = sólidos totais; U% = umidade; SS% = sólidos solúveis; SI% = sólidos insolúveis; TT% = teor de taninos; TnT% = teor de não taninos; * = significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns = não significativo a 5% de probabilidade ($p > 0,05$). Coeficientes de variação em % são apresentados entre parênteses. H = teste estatístico de Kruskal-Wallis.

O tratamento de água com inclusão de NaOH apresentou 53,58% e o da água 48,26%, para o teor de taninos, havendo diferença significativa, o que aponta que o uso do hidróxido de sódio como substância extratora para taninos é favorável. A adição de sais aumenta o rendimento dos taninos porque tornam os mesmos mais solúveis em água, ou seja, aumenta o seu caráter hidrofílico com a abertura do anel heterocíclico da unidade flavonóide dos taninos condensados (Pizzi e Mittal, 1994, citado por Mori et al. 2003).

Para o teor de não taninos não houve diferença estatística significativa, tanto a extração proveniente da água (28,46%) como a da água com inclusão de hidróxido (28,19%) tem o mesmo efeito, o que implica que a substância extratora hidróxido de sódio não extraiu outras impurezas. E mesmo sem apresentar diferença o tratamento da água teve um maior teor de não taninos, implicando que o hidróxido pode inibir a extração de algumas impurezas. Esse resultado difere de Paes et al. (2013) que ao estudarem o teor de taninos condensados da casca do Angico vermelho, encontraram maior teor de não taninos quando utilizaram a solução com inclusão de hidróxido de sódio.

Após a correção dos valores, a média geral da massa anidra foi de 7,34 g, com concentração de taninos condensados puro da solução de 0,405 g (Tabela 2). A concentração média do teor de taninos condensados puro na solução deve estar entre $0,4 \pm 0,025\%$ (ISO, 2012), com isso tanto o tratamento da água (0,400%), quanto água+ hidróxido (0,408%) enquadram nesse intervalo.

Tabela 2. Massa do extrato anidro utilizado no preparo da solução analítica e caracterizações

Solução Extratora	Me a (g)	[TCp] (%)	SSc	Slc	TTc	TnTc
Água	7,77 (2,67)	0,400 (3,63)	81,93 (3,87)	11,71 (34,44)	51,53 (3,18)	30,41 (8,47)
Água + NaOH	6,91 (4,77)	0,408 (7,62)	90,13 (1,39)	0,56 (59,90)	59,10 (5,46)	31,03 (10,44)
Geral	7,34 (7,00)	0,405 (5,97)	86,03 (5,59)	6,13 (67,36)	55,31 (8,33)	30,72 (9,38)
H	17,55*	0,48 ^{ns}	17,31*	17,30*	15,87*	0,21 ^{ns}

Nota: Em que: H = teste estatístico de Kruskal-Wallis; Me a = massa do extrato anidro usado no preparo da solução analítica, em g; [TCp] = concentração em taninos condensados puro da solução; SSc% = sólidos solúveis corrigido; Slc% = sólidos insolúveis corrigido; TTc% = teor de taninos corrigido; TnTc% = teor de não taninos corrigido; * = significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade ($p > 0,05$). Coeficientes de variação em % são apresentados entre parênteses.

A média geral do teor de taninos corrigido foi 55,31%, com um coeficiente de variação de (8,33%). Para o teor de taninos corrigido do tratamento da água se obteve (51,53%) e coeficiente de variação (3,18%), já no tratamento da água com adição de hidróxido de sódio o teor de taninos corrigido foi mais satisfatório (59,10%), no entanto houve mais heterogeneidade nos dados, o coeficiente de variação foi 5,46%.

Na avaliação dos índices de qualidade foi feita a razão entre SS%/ST%, SSStt%/ST%, SSStt%/SS%, SSStt%/SSnt% e TTCcasca% (Tabela 3). Para todos esses índices de qualidade a média geral dos tratamentos foi significativa. O tratamento em que foi adicionado o hidróxido de sódio como substância extratora apresentou os melhores índices 0,90; 0,59; 0,66; 1,93 e 20,85 % respectivamente das razões avaliadas do que o tratamento em que só se utilizou água.

Tabela 3. Índices de qualidade do extrato e teor de taninos condensados presentes na casca de *Anadenanthera colubrina*

Solução extratora	SS%/ST%	SSStt%/ST%	SSStt%/SS%	SSStt%/SSnt%	TTCcasca%
Água	0,82 (3,80)	0,52 (3,18)	0,63 (3,38)	1,71 (8,84)	14,87 (3,20)
Água + NaOH	0,90 (1,38)	0,59 (5,46)	0,66 (5,50)	1,93 (15,30)	20,85 (5,46)
Geral	0,86 (5,64)	0,55 (8,33)	0,64 (4,93)	1,82 (14,13)	17,86 (17,76)
H	17,82*	15,87*	4,26*	4,95*	17,28*

Nota: Em que: H = teste estatístico de Kruskal-Wallis; SS%/ST% = razão entre sólidos solúveis e sólidos totais; SSStt%/ST% = razão entre sólidos solúveis taninos (teor de taninos) e sólidos totais; SSStt%/SS% = razão entre sólidos solúveis taninos (teor de taninos) e sólidos solúveis; SSStt%/SSnt% = razão entre sólidos solúveis taninos (teor de taninos) e sólidos não taninos; TTCcasca% = teor de taninos condensados presente no material casca, em %; * = significativo a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade ($p > 0,05$). Coeficientes de variação em % são apresentados entre parênteses.

A média geral do teor de taninos condensados, representa a quantidade de taninos presente na casca do Angico vermelho, foi 20,85% quando foi adicionado hidróxido de sódio. Mori et al. (2003), estudando *Stryphnodendron adstringens*, testaram a adição de hidróxido de sódio para a quantificação da extração de taninos, e encontraram, assim como nessa pesquisa, que a adição desse extrator maximiza o teor de taninos condensados na casca, sendo esse um fator positivo para a utilização do hidróxido de sódio.

O teor de taninos condensados é influenciado por vários fatores, entre eles: a idade das árvores, a posição em que as amostras foram coletadas na árvore, além da qualidade do sítio (PAES et al., 2006a) e com as fenofases da planta (PAES et al., 2006b). Paes et al., (2010) encontraram um teor de taninos condensados na casca de Angico vermelho de 13,95 % somente com água, enquanto que neste estudo, para a mesma espécie foi encontrado um teor de taninos condensados de 17,86%. Como em ambos trabalhos foi realizada a extração somente com água, e como mesmo tempo de extração, a diferença desses dados pode ser explicada pelas diferenças na qualidade do sítio.

4. CONCLUSÃO

A extração realizada em água apresentou maiores teores de sólidos totais, sólidos insolúveis e teor de não tânico para *Anadenanthera colubrina*. Já o tratamento com hidróxido de sódio adicionado a água apresentou melhores resultados para sólidos solúveis, teor de tânico justificando que a adição de hidróxido de sódio maximiza a qualidade do extrato tânico.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D6402 – 99** Standard Test Method for Determining Soluble Solids and Insolubles in Extracts of Vegetable Tanning Materials. Pennsylvania, 2009b.3p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D4903 – 99**: Standard Test Method for Total Solids and Water in Vegetable Tanning Material Extracts. Pennsylvania, 2009c.2p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D4905 – 99**: Preparation of Solution of Solid, Pasty and Powdered Vegetable Tannin Extracts. Pennsylvania, 2009a.2p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D6401 – 99**: Standard Test Method for Determining Non-Tannins and Tannin in Extracts of Vegetable Tanning Materials. Pennsylvania, 2009d.4p.
- CALEGARI, L; LOPES, P.J.G; OLIVEIRA, E; GATOO, D. A; STANGERLIN, D. M. Quantificação de taninos nas cascas de jurema-preta e acácia-negra. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, PR, v. 36, n. 85, p. 61-69, jan./mar. 2016.
- LOPES, P. J. G. **Efeitos da sulfitação em taninos condensados provenientes da casca de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.** 2016. 58 f. Monografia (Graduação de Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Campina Grande. Patos. 2016.
- MEUNIER, I. M. J; FERREIRA, R. L. C. Uso de espécies produtoras de taninos para curtimento de peles no nordeste do Brasil. **Biodiversidade**, v.14, n.1, p. 98, 2015.
- MORI, F. A; MORI, C. L. S. O.; MENDES, L. M; SILVA, J. R. M; MELO, V. M. Influência do sulfito e hidróxido de sódio na quantificação em taninos da casca de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). **Floresta e Ambiente**, v. 10, n.1, p.86 - 92, 2003.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; LIMA, C., R.; BASTOS, P. M.; MEDEIROS NETO, P. N. Taninos condensados da casca de angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* var. *Cebil*) extraídos com soluções de hidróxido e sulfito de sódio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 3, p. 22 – 27, 2013.

PAES, J. B.; DINIZ, C.E. F.; MARINHO, I.V.; LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no Semi-Árido brasileiro. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006a.

PAES, J. B.; MARINHO, I.V.; LIMA, R. A.; LIMA, C. R.; AZEVEDO, T. K. B. Viabilidade técnica dos taninos de quatro espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro no curtimento de peles. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 4, p. 453-462. 2006b.

PAES, J. B; SANTANA, G.M; AZEVEDO, T.K.B.; MORAIS, R. M.; CALIXTO JUNIOR, J.T. Substâncias tânicas presentes em várias partes da árvore angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. var. *cebil*(Gris.) Alts.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v. 38, n. 87, p. 441-447, 2010.

Capítulo 81

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE ESTOFADOS

*Letícia Aramuni Alberto Ribeiro¹, Letícia Rafaele Santos de Paula¹,
Lorrainy de Jesus Oliveira¹, Sofia Maria Gonçalves Rocha²,
João Gabriel Missia da Silva¹, Graziela Baptista Vidaurre³*

¹Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Brasil

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Brasil

³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Brasil

Autor correspondente: sofiamaria.r@hotmail.com

Resumo: A madeira de eucalipto é caracterizada pela sua versatilidade, durabilidade e densidade básica moderada, sendo utilizada como matéria-prima em diversas indústrias, entre elas a moveleira. O objetivo foi caracterizar a madeira de eucalipto para a produção de estofados, tendo base as características físico-mecânicas de densidade, retratibilidade, compressão paralela às fibras, módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), de acordo com normas técnicas vigentes. As análises foram realizadas em pré-cortados produzidos a partir de um lote de toras de *Eucalyptus* sp., do suprimento de uma serraria da região sul do estado do Espírito Santo. A madeira de eucalipto apresentou densidade básica de 0,54 g cm⁻³, que a caracterizou como de densidade média. A compressão paralela, o MOR e o MOE apresentaram valores nas seguintes faixas respectivas (42,27 a 76,20) Mpa, (79,53 a 124,55) Mpa e (9.231,34 a 20.394,31) MPa que são considerados valores elevados comprovando a resistência e rigidez dessa madeira. Já a contração tangencial (10,74%), longitudinal (0,09%), radial (6,96%), volumétrica (17,78%) e o fator anisotrópico (1,58) apresentaram valores que são considerados altos, que poderão alterar a estabilidade dimensional dos móveis, sendo, portanto, as variáveis que requer um controle maior pois influenciam negativamente a qualidade da madeira para a produção de estofados.

Palavras chave: Anisotropia; Módulo de ruptura e Elasticidade; Pré-cortados.

PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERIZATION OF EUCALYPTUS WOOD FOR UPHOLSTERED PRODUCTION

Abstract: Eucalyptus wood is characterized by its versatility, wear and moderate basic density, being used as raw material in several arts, including furniture. The objective was to characterize eucalyptus wood for upholstery production, having as physical-mechanical characteristics of density, shrinkage, pressure parallel to the fibers, elasticity module (MOE) and rupture module (MOR), according to current technical standards. As the analyzes were performed on pre-cut, from a batch of logs of *Eucalyptus* sp., Supply a sawmill in the southern region of the state of Espírito Santo. An eucalyptus wood showed a basic density of 0.54 g cm⁻³, which it characterized as medium density. Parallel compression, MOR and MOE present values in the following ranges (42.27 to 76.20) Mpa, (79.53 to 124.55) Mpa and (9.231.34 to 20.394.31) MPa which are values values demonstrating the strength and stiffness of this wood. Tangential contraction (10.74%), longitudinal (0.09%), radial (6.96%), volumetric (17.78%) and the anisotropic factor (1.58) can alter the dimensional stability of the furniture, therefore, the variables that require greater control, as they negatively affect the quality of wood for the production of upholstery.

Keywords: Anisotropy; Modulus of rupture and elasticity; Pre-cut.

1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material renovável que possui diversas aplicações industriais e promove benefícios ao meio ambiente durante seu processo de formação, entre eles, o sequestro de carbono. Este material é caracterizado como um produto direto das árvores e arbustos lenhosos e vem acompanhando o desenvolvimento da humanidade ao longo da história, por causa da sua versatilidade, trabalhabilidade e excelente relação resistência: massa quando comparada a outros materiais (ROCHA et al., 2015).

Existem diversas variáveis que podem ser condicionantes para determinar a aplicação industrial de espécies madeireiras, entre elas a densidade, estabilidade dimensional e a resistência mecânica. Tendo em vista a sua possível relação, essas propriedades são importantes na qualificação da madeira para fabricação de móveis, pois são realçadas em seus componentes estruturais (RAYMOND, 2000).

A densidade é considerada uma das mais importantes propriedades da madeira, pois a maioria das propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas possuem relação direta com ela, e por isso é utilizada como referência na seleção e classificação da madeira quanto a prováveis utilizações. Quanto a resistência, elasticidade e dureza a densidade geralmente é diretamente proporcional, porém em relação a variabilidade ela é considerada inversamente proporcional (MORESCHI, 2014).

A densidade da madeira é influenciada principalmente pela genética, ambiente e sua interação (OLIVEIRA; HEILMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005) e varia ao longo da altura e diâmetro do fuste, sendo no geral, maior próximo a base das árvores e em regiões mais próximas à casca (OLIVEIRA, SILVA, 2003).

As contrações e os inchamentos da madeira são dois dos mais importantes problemas práticos que ocorrem durante a sua utilização, como consequência da variação do teor de umidade (OLIVEIRA, SILVA, 2003). Altos índices de contração e inchamento contribuem para maior variação volumétrica das peças de madeira em serviço, o que pode negativamente afetar a estrutura, estabilidade e a segurança de encaixes e ligações e as dimensões nominais dos móveis.

Dois propriedades importantes da madeira para a produção de móveis são o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR), variáveis normalmente avaliadas em testes de flexão estática, pois elas determinam a rigidez no limite de deformação elástica do material e a máxima tensão que este suporta, respectivamente (ROCHA et al., 2017). Observa-se valores mais elevados de MOE, MOR e densidade em madeiras de lenho adulto e de maior idade, o que pela atual situação de suprimento madeireiro no estado do Espírito Santo, não é a comumente empregada para a produção de serrados.

O estudo das propriedades físicas e mecânicas da madeira são necessários para aumentar o conhecimento a respeito do seu potencial de utilização, adequando seu uso, e ainda como alternativa para substituição de outras espécies (BRAZ et al., 2013). Desta forma a gerência das serrarias e da indústria de estofados carece destas informações a fim de caracterizar a matéria-prima utilizada, assegurando o padrão de qualidade exigido pelos consumidores.

O trabalho teve como objetivo caracterizar a madeira de eucalipto utilizada na produção de estofados, quanto as suas propriedades físicas e mecânicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi coletado em uma serraria localizada no município de Iúna, Microrregião do Caparaó, estado do Espírito Santo, Brasil, na forma de

pré-cortados (ripas de 2,0 x 4,0 x 70,0 cm) como descrito por Magnago (2015). Para padronização do material foi selecionado um lote de toras de *Eucalyptus* sp. de um mesmo fornecedor de madeira da região, com classes diamétricas variando de 15 a 23 cm. As informações sobre a espécie, idade, condução e condições da plantação não foram informadas pelo fabricante. Todavia, o suprimento em sua maior parcela é composto por madeira juvenil de materiais genéticos plantados para a produção de polpa celulósica.

As análises das propriedades da madeira foram realizadas nos Laboratórios de Ciência da Madeira e Qualidade da Madeira (DCFM/UFES). Para a realização dos ensaios de caracterização física e mecânica da madeira, a partir dos pré-cortados foram produzidas 40 amostras para cada ensaio, com as dimensões e metodologias dos ensaios especificadas na Tabela 1.

Tabela 1. Metodologias e dimensões das amostras para determinação das propriedades da madeira

Propriedades	Metodologia	Dimensões amostras (cm)
Densidade aparente	NBR 7190:1997	2,0 x 2,0 x 3,0*
Densidade básica	NBR 7190:1997	2,0 x 2,0 x 3,0*
Retratibilidade	NBR 7190:1997	2,0 x 2,0 x 3,0*
Compressão paralela às fibras	NBR 7190:1997	2,0 x 2,0 x 3,0*
Flexão estática	ASTMD143:2014	2,0 x 2,0 x 41,0

Nota: *Dimensões dos corpos de prova adaptados da ABNT MB 26/40 (1940) **Ensaio realizado segundo a norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

Os ensaios de compressão paralela às fibras e flexão estática foram realizados em máquina universal EMIC, com capacidade de carga de 10 toneladas. O fator anisotrópico foi calculado pela relação entre a contração tangencial e radial dos corpos de prova. As propriedades físicas da madeira foram classificadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Sistema de classificação das propriedades físicas da madeira

Propriedade	Muito baixa	Baixa / leve ¹	Média	Alta / pesada ¹	Muito alta	Autor
Densidade básica (g cm ⁻³)	-	< 0,50	0,50 – 0,80	> 0,80	-	Nennewitz et al. (2008)
Contração radial (%)	0 – 2,0	2,1 – 3,0	3,1 – 4,0	4,1 – 5,0	≥ 5,1	Barcenas (1985)
Contração tangencial (%)	0 – 3,5	3,6 – 5,0	5,1 – 6,5	6,6 – 8,0	≥ 8,1	
Contração volumétrica (%)	0 – 5,5	5,6 – 8,0	8,1 – 10,5	10,6 – 13,0	≥ 13,1	
Fator anisotrópico	-	1,0 – 1,7	-	1,71 – 2,3	≥ 2,3	

Realizou-se a estatística descritiva (média, mínimo, máximo e coeficiente de variação) e a relação funcional entre as propriedades físicas e mecânicas da madeira foi analisada pela correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos nos ensaios das propriedades físico-mecânicas dos pré-cortados de madeira de eucalipto são listados na Tabela 3, na qual é possível observar as médias, valores de máximo e mínimo e o coeficiente de variação de cada propriedade.

Tabela 3. Estatística descritiva de propriedades da madeira de pré-cortados de eucalipto para produção de estofados

Propriedades	Mínimo	Média	Máximo	Coefficiente de variação (%)
Densidade aparente (g cm^{-3})	0,52	0,64	0,82	11,37
Densidade básica (g cm^{-3})	0,34	0,54	0,62	10,36
Contração longitudinal (%)	0,80	0,09	0,16	13,02
Contração radial (%)	4,26	6,96	9,89	17,78
Contração tangencial (%)	8,14	10,74	12,54	11,79
Contração volumétrica (%)	13,82	17,78	22,19	12,36
Fator anisotrópico	1,13	1,58	2,22	16,22
Compressão paralela (MPa)	42,27	56,62	76,20	13,16
Flexão estática MOR (MPa)	79,53	105,27	124,55	12,20
MOE (MPa)	9.231,34	14.684,81	20.394,31	18,40

Nota: Densidade aparente, compressão paralela às fibras e flexão estática no teor de 12% de umidade.

A densidade básica da madeira de eucalipto $0,54 \text{ g cm}^{-3}$, pode ser classificada como média de acordo com o sistema de Nennewitz et al. (2008), apresentado na Tabela 2. A densidade aparente dos corpos de prova variou de $0,52$ a $0,82 \text{ g cm}^{-3}$, o que caracteriza a madeira como média a pesada, respectivamente. Essa amplitude de 36% nos valores de densidade pode ser explicada pelo fato do material utilizado representar madeira de diferentes posições das árvores de eucalipto.

Quanto as alterações dimensionais lineares, foi possível observar uma maior contração no sentido tangencial, com média de 10,74%, e no sentido radial de 6,96%. Pelo sistema de Barcenas (1985) (Tabela 2), tanto a contração tangencial quanto a radial foram classificadas como muito altas, já a contração longitudinal foi bem pequena, sendo praticamente desprezível. Segundo Durlo e Marchiori (1992) a contração tangencial pode ser o dobro da radial e cerca de 20 vezes maior que no sentido longitudinal. Essa diferença nos três planos de corte existe em função de estruturas microscópicas e submicroscópicas, que fazem com que maiores variações ocorram no sentido tangencial, pois nele encontra-se um número maior de paredes celulares para saída da umidade, e no sentido radial, os raios restringem a contração (MORESCHI, 2014).

A contração volumétrica atingiu uma média de 17,78%, resultado que de acordo com Barcenas (1985) foi classificada como muito alta. Os empenamentos da madeira ocorrem por causa das diferenças de contração nos sentidos anatômicos, assim quanto maior as alterações nas dimensões durante a saída da umidade, maior será a ocorrência de defeitos do material. No entanto, esse coeficiente de contração é inexecutável em meios práticos, já que a madeira não seca totalmente, ou seja, não mantém a condição anidra (0% de teor de umidade) usada para os cálculos, sendo mais comum contrair até 15% a 11% ao ar e de 10% a 6% em secagem artificial (GERMANO, 2019).

Analisando o fator anisotrópico obtido, a média de 1,58% pode ser classificada como baixa (Tabela 2), porém algumas amostras atingiram 2,22%, se enquadrando na classe de alta anisotropia. O conhecimento da anisotropia é de suma importância, pois servirá de auxílio para o melhor processamento de secagem da madeira, extinguindo ou minimizando os possíveis defeitos, assegurando a obtenção de um produto final com qualidade e bom desempenho (SILVA; OLIVEIRA, 2003).

Para indicar a inexistência de defeitos na madeira, o fator ideal seria igual a 1, o que não pode ser observado, pois geralmente a contração no sentido tangencial é maior que a radial. De acordo com Moreschi (2014) o valor obtido no fator anisotrópico aproxima-se da classe de madeiras consideradas normais que variam entre 1,6 a 1,9. Contudo, além do fator anisotrópico da madeira é necessário analisar os valores absolutos da contração nos sentidos radiais e tangenciais, pois mesmo que o fator seja baixo, essas contrações foram muito altas e haverá deformações significativas na estrutura dos móveis produzidos com a madeira de *Eucalyptus* sp. avaliada.

Para a compressão paralela às fibras a média encontrada foi de 56,62 MPa, que pode ser classificada como madeira de alta resistência, isso pode ser explicado, pois a densidade aparente das amostras foram classificadas entre madeiras média a pesada, logo os corpos de prova possuem uma maior espessura de parede de fibras, que faz com que suportem uma maior carga.

Os valores de MOE e MOR das amostras, tiveram uma média de 14684,81 MPa e 105,27 MPa respectivamente. De acordo com o IBAMA (2005), os pré-cortados de eucalipto possuem alto MOR e MOE, segundo Lobão (2004) a densidade influencia intensamente a resistência mecânica da madeira.

Analisando o coeficiente de variação, foi possível observar a variabilidade em relação as médias obtidas das propriedades da madeira (Tabela 2). A variação ocorreu entre 10,36 a 18,40%, sendo a mínima para a densidade básica e a máxima para o MOE.

A densidade aparente (DA) apresentou uma correlação positiva com a compressão paralela (CP) (Figura 1). Geralmente, as madeiras mais densas possuem uma maior resistência a compressão por causa da maior espessura de parede e comprimento das fibras, que aumentam a densidade e a tornam mais resistentes a cargas no sentido longitudinal. A contração radial (CR) obteve correlação forte negativa com o fator anisotrópico (ANIS), pois quanto maior a contração tangencial (CT) maior a radial, ao relacionar essas variáveis para calcular o fator, ele se torna menor.

Figura 1. Correlação de Pearson entre as variáveis físico-mecânicas da madeira de eucalipto

Nota: *Os x em cor verde discriminam as correlações significativas a 95% de significância. ANIS: fator anisotrópico; MOE: módulo de elasticidade; MOR: módulo de ruptura; DA: densidade aparente; CP: compressão paralela; CR: contração radial; CVOL: contração volumétrica; CL: contração longitudinal; CT: contração tangencial; e DB: densidade básica.

A CR foi inversamente proporcional ao MOR e MOE, logo, a madeira de eucalipto de maior rigidez também foi mais estável dimensionalmente. Essa relação pode ser um resultado indireto da interação do ângulo das microfibrilas com as contrações da madeira e MOE. Uma vez que, ângulos das microfibrilas menores diminuem as contrações da madeira e aumentam a sua resistência e rigidez, a correlação negativa da CR com MOE e MOR se torna uma resposta secundária dessa relação. O MOR e MOE possuem correlação altamente positiva entre eles, tendo em vista que a rigidez e resistência da madeira são propriedades dependentes.

4. CONCLUSÃO

A madeira de *Eucalyptus* sp. dos pré-cortados apresentou densidade média e altos valores de resistência (MOR e compressão paralela) e rigidez (MOE), o que a qualificam para a utilização em estofados. Contudo, os valores de contração linear e volumétrica foram muito altos, o que altera dimensionalmente a estrutura dos móveis, sendo necessário investir em secagem artificial da madeira como meio de mitigação da ocorrência desses defeitos.

5. AGRADECIMENTOS

À Serraria Gildo Madeiras pela doação do material para realização deste estudo.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Espírito Santo pela concessão de bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM **D 143-14**: Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. 2014. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT **NBR 7190**: Estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

BÁRCENAS, G. **Recomendaciones para el uso de 80 maderas de acuerdo con su estabilidad dimensional**. Xalapa, México: Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera (LACITEMA). 1985.

BRAZ, R. L.; OLIVEIRA, J. T. S.; RODIGUES, B. P.; ARANTES, M. D. C. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Toona ciliata* em diferentes idades. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 4, p. 663 - 670, 2013.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, p. 33, 1992. (Série técnica, 10).

GERMANO, A.; FRIGERI, J. V.; KREFTA, S. M. Análise de contração, inchamento e retratibilidade linear de espécies de interesse florestal. In: I Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal da UFPR. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2017. Disponível em: <<https://even3.blob.core.windows.net/anais/53038.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. 2005. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/resultado.php?idioma=Português>>. Acesso em: 23 ago. 2017.

LOBÃO, M. S. et al. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades**. REVISTA ÁRVORE, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

MAGNAGO, E. C. **Desempenho operacional e quantificação de resíduos madeireiros na produção de tábuas e pré-cortados de eucalipto**. 2015. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santos, Jerônimo Monteiro, 2015.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira**. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, Curitiba-PR, 2014.

NENNEWITZ, I.; NUTSCH, W.; PESCHEL, P.; SEIFERT, G. **Manual de Tecnologia da Madeira**. São Paulo: Blucher, 2008. 354 p.

OLIVEIRA, J. T. S.; HEILMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica da madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 27, n. 3, p. 381-385, 2003.

RAYMOND, C. A. Tree breeding issues for solid wood products. In: Conference on the Future of Eucalypts for Wood Products. **Proceedings** of an IUFRO Conference', Launceston, Tasmania, IUFRO, 2000, p. 265 - 270.

ROCHA, H. L. S.; PAES, J. B.; MINÁ, A. J. S.; OLIVEIRA, E. Caracterização físico mecânica da madeira de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) visando seu emprego na indústria moveleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 2, p. 262-267, 2015.

ROCHA, S. M. G.; SILVA, J. G. M.; ALMEIDA, M.N.F.; COELHO, J. C. F.; BRITO, T. M.; CÂMARA, A.P.; VIDAURRE, G. B.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência a flexão em peças de madeira de eucalipto para produção de estofados. In: III CBCTEM – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira. **Anais...** Florianópolis: SBCTEM, 2017.

SILVA, J. C; OLIVEIRA, J. T. S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 27, n. 2, p.233-239, 2003.

OS AUTORES

Sofia Maria Gonçalves Rocha

Doutoranda em Ciências Florestais, pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Mestra em Ciências Florestais (Ufes, 2017), Engenheira Florestal (UFMG, 2015). Realiza pesquisa na linha de pesquisa Produtos Florestais, com ênfase na Qualidade de Madeira, em especial madeira de Eucalipto e Corymbia.

Taís Rizzo Moreira

Doutoranda em Ciências Florestais, pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), Mestra em Ciências Florestais (Ufes, 2019), Engenheira Florestal (Ufes, 2017). Realiza pesquisas na área de Meio Ambiente, Recursos Hídricos e climatologia com ênfase em Geotecnologia Ambiental, aplicando o Geoprocessamento como Ferramenta de Auxílio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Lara Arêas Tertuliano

Graduanda em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes). Realiza pesquisa na linha de pesquisa de Silvicultura, com ênfase na propagação assexuada de plantas, em específico espécies nativas da Mata Atlântica.

Lunalda Aparecida Vaz Pola

Graduanda em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), técnica em Agropecuária pela Escola Família Agrícola de Castelo (EFA-Castelo, 2015). Realiza pesquisa na linha de Silvicultura, com ênfase na propagação assexuada de plantas, em específico espécies nativas da Mata Atlântica.

Marcos Vinicius Winckler Caldeira

É doutor em Ciências Florestais, pela Universidade Federal do Paraná (UFPR, 2003), Mestre em Engenharia Florestal (UFES, 1998), Engenheiro Florestal (UFES, 1995). Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq - Nível 2 e líder do grupo de pesquisa - Núcleo de Pesquisa Científica e Tecnológica em Meio Ambiente, Silvicultura e Ecologia (Nupemase). Realiza pesquisa na linha Silvicultura, com ênfase em ciclagem de nutrientes em florestas nativas e plantações, nutrição de florestas nativas e plantações comerciais, biomassa e carbono de florestas e plantações comerciais, produção e qualidade de mudas florestais e silvicultura, manejo e ecologia de florestas de produção.

Graziela Baptista Vidaurre

Professora do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) da Universidade Federal do Espírito Santo desde 2010, Mestra e Doutora em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2010) e Engenheira Florestal (UFRRJ/2004). Realiza suas pesquisas na Linha de Produtos Florestais, com ênfase na Qualidade de Madeira de plantações florestais.

CRÉDITOS

Atribuições e reconhecimentos aos autores:

Imagem 1 – capa: Autoria de "Pixabay" em "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/158251/forest-the-sun-morning-tucholskie-158251.jpeg?cs=srgb&dl=forest-with-sunlight-158251.jpg&fm=jpg>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 2 – capa: Autoria de "Christelle PRIEUR" em "Pixabay" (<https://cdn.pixabay.com/photo/2020/03/31/10/40/landscape-4987127_960_720.jpg>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 3 – capa: Autoria e propriedade de "Aperam BioEnergia".

Imagem 4 – capa: Autoria de "Vikas Sawant" no "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/2218364/pexels-photo-2218364.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 5 – capa: Autoria de "João Vitor Heinrichs" no "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/1787035/pexels-photo-1787035.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 6 – capa: Autoria de "ilaria88" no "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/122588/pexels-photo-122588.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 7 – capa: Autoria de "DSD" em "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/975416/pexels-photo-975416.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 8 – capa: Autoria e propriedade de "Aperam BioEnergia".

Imagem 9 – parte 1: Autoria de Gerd Altmann por Pixabay (<https://cdn.pixabay.com/photo/2014/07/30/08/50/earth-405096_960_720.jpg>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 10 – parte 1: Autoria de "DSD" em "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/975416/pexels-photo-975416.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 11 – parte 2: Autoria e propriedade de "Aperam BioEnergia".

Imagem 12 – parte 2: Autoria de "Vikas Sawant" no "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/2218364/pexels-photo-2218364.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 13 – parte 3: Autoria de "Lukas Rodriguez" em "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/3934602/pexels-photo-3934602.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=1&w=500>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 14 – parte 4: Autoria de "Lukas" no "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/296333/pexels-photo-296333.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Imagem 15 – parte 4: Autoria de "FWStudio" no "Pexels" (<<https://images.pexels.com/photos/172279/pexels-photo-172279.jpeg?auto=compress&cs=tinysrgb&dpr=2&h=650&w=940>>) / Imagem de domínio público, Creative Commons (CC0).

Este e-book é resultado da combinação de 77 artigos científicos das 4 grandes linhas de pesquisa das ciências florestais: Meio Ambiente, Silvicultura, Manejo Florestal e Tecnologia de Produtos Florestais, que foram apresentados durante o II Simpósio de Ciências Florestais do Espírito Santo entre os dias 15 e 18 de outubro de 2019.

O objetivo central deste trabalho é abrir novos horizontes, novas perspectivas e principalmente a troca de conhecimento entre os pesquisadores dos mais diversos níveis, os produtores rurais e os empresários para o crescimento da confiança na atividade que envolve milhares de pessoas em todo o mundo e que serve de fonte de emprego e renda.

Os trabalhos contidos nos capítulos vêm para sanar diversas dúvidas e inserir maior tecnologia às atividades ligadas as Ciências Florestais, disponibilizando informações úteis para uma produção mais rentável e que leve em consideração as necessidades sociais sem agredir o meio ambiente, otimizando os recursos disponíveis e dando aos mesmos a finalidade mais adequada. Além disso, este e-book possui trabalhos que mostram o painel ambiental, atividades e tecnologias que podem ser utilizadas para mitigar e prevenir possíveis impactos ambientais, por meio do planejamento adequado.

Dito isto, convidamos você a entender um pouco mais deste setor ao longo desta obra.