M E I O A M B I E N T E

S U S T E N T A B I L I D A D E
&
T E C N O L O G I A

Editora Poisson

2

Editora Poisson

Meio Ambiente, Sustentabilidade e Tecnologia – Volume 2

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2019

Editor Chefe:
Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Msc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514

**Meio Ambiente, sustentabilidade e tecnologia
- Volume 2/ Organização: Editora Poisson
Belo Horizonte - MG: Poisson,
2019 - 119p**

Formato: PDF

ISBN: 978-85-7042-203-3

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3

**Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia**

**1. Meio ambiente 2. Gestão. 3. Tecnologia
I. Título.**

CDD-577

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Baixe outros títulos gratuitamente em www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

Sumário

Capítulo 1: Descoloração do Azo corante alaranjado II usando biomassa e quitosana produzidas por *Cunninghamella Phaeospora* em substratos agroindustriais 07

Ilka Djanira Ferreira do Nascimento, Uiara Maria de Barros Lira Lins, Jaqueline dos Santos Marinho, Isabela Natália da Silva Ferreira, Patrícia Nunes dos Santos, Thayse Alves de Lima e Silva, Galba Maria de Campos Takaki

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.01

Capítulo 2: Remoção de corante catiônico de meio aquoso usando resíduo da Agroindústria de Alimentos como adsorvente 13

Luciene Mendes da Silva, Ulisses Alberto Rodrigues da Silva, Neura Mendes da Silva, Alexilda Oliveira de Souza

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.02

Capítulo 3: A transformação de resíduos sólidos em elemento arquitetônico..... 20

Lucas Carvalho Lisboa

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.03

Capítulo 4: Potencial de aplicação de resíduos de madeira oriundos do pó de serragem como material de construção 27

Khalliane Sousa Araujo, Patricia Santos Fraiha, Ana Vitoria Protazio Barbosa e Vitor, Ruan Maia Vinente, Salomão Peres Elgrably

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.04

Capítulo 5: Perspectivas da preservação de madeira: Produtos e processos 36

Junilha Lopes Trigueiro, Fernando José Borges Gomes, Edva Oliveira Brito, Rafael Eloy de Souza

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.05

Capítulo 6: Análise estrutural dos Fragmentos Florestais Amazônicos como auxílio à formação de corredores ecológicos na Bacia do Rio Benfica – PA 40

Luiz Rodolfo Reis Costa, Elizabeth do Rosário Lebrege Ramos, Alexandre Campelo de Carvalho, Enilson da Silva Sousa, Thais Gleice Martins Braga

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.06

Capítulo 7: Estudo da capacidade de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú-Mirim..... 52

Liliane Moreira Nery, Magda Viana Campos Ribeiro, Mônica de Souza, Renan Angrizani de Oliveira, Darllan Collins da Cunha e Silva, Vanessa Cezar Simonetti

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.07

Sumário

Capítulo 8: Avaliação ecotoxicológica da qualidade das Águas do Rio Catarino, Realengo-RJ	63
--	----

Alessandra Matias Alves, Aron da Silva Gusmão, Bruna Araújo de Oliveira, Devyd de Oliveira da Silva, Leonardo Fernandes Camelo Santos, Ana Claudia Pimentel

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.08

Capítulo 9: Desenvolvimento territorial sustentável: Uma análise comparativa entre experiências de Los Lagos-Chile, Imbabura-Ecuador e Baía da Ilha Grande-RJ Brasil	69
---	----

Jover Mendes de Oliveira Negrão, Lamounier Erthal Villela, Daniel Neto Francico, Patrick Gomes de Oliveira

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.09

Capítulo 10: Entropia e ordenamento pesqueiro na Amazônia Oriental Brasileira: Usina hidrelétrica de Tucuruí e pesca no “Pé” da barragem	88
---	----

Mariana Neves Cruz Mello

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.10

Capítulo 11: Efeitos do La Niña, categoria forte, na precipitação do Município de Apuí, Sul do Amazonas	106
--	-----

Sara Angélica Santos de Souza, Carlos Alexandre Santos Querino, Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino, Paulo André da Silva Martins, Ísis Ribeiro do Nascimento

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.11

Capítulo 12: Biorrefinarias: Um panorama do avanço tecnológico no setor de produtos florestais e Biocombustíveis.	112
---	-----

Leonardo Amador Cruz, Fernando José Borges Gomes, Rafael Eloy de Souza, Edvá Oliveira Brito, Fernando Almeida Santos ,

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.12

Capítulo 13: Extração de <i>lignina kraft</i> do licor negro e suas perspectivas de aplicação em produtos comerciais.....	122
--	-----

Rafael Eloy de Souza, Fernando José Borges Gomes, Nilton Louvem da Silva Júnior, Edvá Oliveira Brito

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.13

Capítulo 14: Polpa celulósica solúvel e o destaque Brasileiro no Mercado Internacional	127
---	-----

Nilton Louvem da Silva Júnior, Fernando José Borges Gomes, Rafael Eloy Souza, Leonardo Amador Cruz, Junilha Lopes Trigueiro

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.14

Sumário

Capítulo 15: A sustentabilidade à luz dos Conceitos de Agroecologia e Ecofeminismo: Uma abordagem teórica.....	133
---	-----

Monick Ellen Alves de Melo, Lucia Helena da Silva Maciel Xavier

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.15

Capítulo 16: Responsabilidade socioambiental para o desenvolvimento sustentável no ensino-aprendizagem em engenharia	138
---	-----

Carlos Roberto Franzini Filho, Luís Alberto Figueiredo de Sousa, Hélio Pekelman, Camila Gabriela Alexandre Geromel Costa, Jane Luchtenberg Vieira

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.16

Capítulo 17: Educação e gestão ambiental no desenvolvimento sustentável na Mineração de Ferro: Aproveitamento de rejeitos para obtenção de materiais cerâmicos	146
---	-----

Daniel Costa Martins Seabra, Emille Carvalho do Espírito Santo, Ingrid Moreira Reis, Daniel José Lima de Sousa, Disterfano Lima Martins Barbosa, Reginaldo Saboia de Paiva

DOI: 10.36229/978-85-7042-203-3.CAP.17

Autores:	153
-----------------------	-----

Capítulo 1

Descoloração do Azo corante alaranjado II usando biomassa e quitosana produzidas por Cunninghamella Phaeosphora em substratos agroindustriais

Ilka Djanira Ferreira do Nascimento

Uiara Maria de Barros Lira Lins

Jaqueline dos Santos Marinho

Isabela Natália da Silva Ferreira

Patrícia Nunes dos Santos

Thayse Alves de Lima e Silva

Galba Maria de Campos Takaki

Resumo: A indústria têxtil é considerada uma das mais poluidoras do mundo, destacando-se pela geração de grandes volumes de efluentes contaminados, altamente coloridos e de difícil tratamento. O efluente têxtil com altas concentrações de corantes pode afetar os processos biológicos dos corpos hídricos, além de propiciar risco à saúde pública. Sabe-se que os processos de tratamento convencionais para esses efluentes apresentam um elevado custo para maioria das empresas. Sendo assim, a busca por novos tipos de tratamentos, utilizando materiais alternativos, de baixo custo e de comprovada eficiência, tem sido alvo de notória atenção entre pesquisadores. Dentre estes tratamentos, o processo de bioadsorção se destaca por se tratar de um método simples, de baixo custo, alta eficiência, e que permite o emprego de diversos tipos de bioadsorventes, desde biomassa microbiana até resíduos de plantas. O objetivo da pesquisa foi avaliar o potencial de descoloração do Azo Corante Alaranjado II pela biomassa fúngica de *C. phaeosphora*, fresca e inativada, assim como, a quitosana extraída dessa biomassa. O estudo de descoloração foi realizado, com amostras com e sem agitação, e o percentual de descoloração foi analisado por meio de absorvância ($\lambda=480$ nm). A descoloração do corante alaranjado II pela quitosana não foi tão eficiente (39,35%), sem agitação com 72h. Com a biomassa fresca foi obtido o valor de 34,81%. No entanto, os resultados promissores foram obtidos com a biomassa inativada, apresentando elevados valores de descoloração 86,46% e 90,42%, respectivamente, em sistema agitado em 24 e 72h.

Palavras-chave: efluente têxtil; adsorção; descoloração; bioadsorventes.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil possui elevado significado econômico, social, cultural e político, a ponto de influenciar costumes e tendências com consequências nos modos de vida de diferentes épocas (FUJITA, 2015).

O setor têxtil tem como elemento básico a água no processo de produção e tingimento da indústria, principalmente nas etapas de beneficiamento da malha de algodão, onde se emprega um maior número de substâncias químicas com utilização de processos de risco ambiental acentuado e poluidores em potencial. Nesse sentido, a indústria têxtil é considerada uma das mais poluidoras do mundo, destacando-se pela geração de grandes volumes de efluentes contaminados, coloridos e de difícil tratamento. (BERLIN, 2014; WANG, SHEN, 2017).

Segundo Queiroz (2016), o grave problema ambiental das indústrias têxteis se relaciona com o setor de tingimento, onde grande a água utilizada no processo é contaminada por corantes sintéticos e produtos químicos, em muitos casos carcinogênico e mutagênico, que interferem nos processos biológicos dos corpos hídricos, além de propiciar riscos à saúde pública.

Os corantes azóicos são amplamente utilizados pelas indústrias têxteis, representando mais de 50% de todos corantes comerciais. Estes corantes afetam a transparência da água mesmo em pequenas concentrações, são tóxicos e pouco biodegradáveis (CHEN et al., 2018).

O processo de adsorção tem sido muito utilizado para o tratamento de efluentes por se tratar de um método simples, de baixo custo e alta eficiência, empregando diversos tipos de adsorventes e biossorventes - materiais de origem biológica capazes de adsorver poluentes (ZANETTE et al., 2015).

O carvão ativado é o mais popular e eficiente adsorvente usado na remoção de cor para o tratamento de efluentes. Entretanto, o alto custo restringe o seu uso, principalmente em países em desenvolvimento (PRIYA, 2018).

Dessa forma, várias pesquisas têm sido direcionadas para o uso de métodos biológicos no tratamento de efluentes. Assim, a biossorção tem se destacado por se tratar de um método simples, de baixo custo, e alta eficiência, ao mesmo tempo em que permite a utilização de vários biossorventes, desde biomassa microbiana até resíduos de plantas (MENDES et al., 2015; SHARMA, SAXENA, GAUR, 2014).

Dentre esses biossorventes, a quitosana presente na parede celular de alguns organismos, possui algumas características que favorecem sua aplicação em várias áreas, com grande potencial de utilização na adsorção de metais pesados, descoloração de corantes têxteis, contaminantes do meio ambiente, etc; (BERGUER et al., 2011a; SANTOS et al., 2011).

2. OBJETIVOS

Neste trabalho foi investigada a produção de quitosana por *Cunninghamella phaeospora* utilizando substratos agroindustriais de baixo custo, como fontes de carbono e nitrogênio, aplicação da quitosana obtida de *C. phaeospora* na descoloração do Azo corante alaranjado II, assim como sua biomassa fresca e inativada, utilizando condições com diferentes concentrações e consequentemente a seleção da melhor condição para a descoloração do Azo corante alaranjado II.

3. MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foi utilizado o fungo *Cunninghamella phaeospora* UCP 1303, cedido pelo Banco de Culturas UCP (Universidade Católica de Pernambuco) e registrado no WFCC (World Federation for Culture Collection).

O meio de produção foi preparado a partir de rejeitos agroindústrias (tomate e milhocina) com o intuito de substituir as fontes tradicionais por fontes alternativas de carbono e nitrogênio, a fim de minimizar o custo de produção e reaproveitar os resíduos que seriam descartados no ambiente. As concentrações dos substratos foram determinadas a partir de um estudo prévio, por meio de planejamento fatorial 2^2 , para analisar os principais efeitos e interações dos substratos na produção da biomassa e de quitosana. A condição selecionada foi 25% de suco de tomate e 4,5% de milhocina. Parte da biomassa obtida foi liofilizada e outra parte foi submetida à inativação por meio de autoclavagem em solução salina (NaCl 0,9%).

A quitina e quitosana foram extraídas da biomassa de *Cunninghamella phaeospora* liofilizada, de acordo com o método descrito por Jin Hu et al. (1999), a partir da condição selecionada de cultivo por meio do planejamento fatorial previamente realizado.

Para o ensaio de descoloração do corante Alaranjado II foram utilizadas quantidades da biomassa fresca, inativada e da quitosana, inoculadas em frascos de Erlenmeyer, contendo solução do corante Alaranjado II, inicialmente com concentração de 8,8mg/L. O estudo de descoloração foi feito à 28°C durante 168h, com amostras sob agitação (150 rpm) e sem agitação. A descoloração foi determinada através de espectrofotometria no comprimento de onda de 480 nm e quantificada pela equação: $y = 0,067x + 0,0164$.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ESTUDOS DE DESCOLORAÇÃO DO CORANTE ALARANJADO II

O percentual de descoloração do corante Alaranjado II pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3, que representam os estudos da influência da agitação, da concentração da biomassa fresca, inativada e quitosana, e do tempo, na descoloração do corante.

Figura 1: Porcentagem de descoloração em função do tempo com Biomassa Fresca em diferentes concentrações. (A) Com agitação. (B) Sem agitação.

Fonte: próprio autor.

Analisando-se a Figura 1, observou-se que o percentual de descoloração da biomassa fresca demonstra melhores resultados quando não submetido à agitação (B), chegando a um percentual de 34,81%, em 24h, numa concentração de biomassa de 3mg/mL. Enquanto que o sistema com agitação (A) tem seu maior resultado depois 168h de contato com a biomassa fresca, chegando a um percentual de 31,68% e apresenta 14,60% de descoloração, nas mesmas condições do sistema não agitado.

Figura 2: Porcentagem de descoloração em função do tempo utilizando-se a Biomassa Inativada em diferentes concentrações. (A) Com agitação. (B) Sem agitação

Fonte: próprio autor.

Na Figura 2A, observa-se que a biomassa inativada, sob agitação, apresentou o maior resultado de descoloração, com percentual de 90,42% e com a maior concentração de biomassa (3 mg/mL), em 72h de incubação. Contudo, observou-se o fenômeno de dessorção, entre 72h-168h, onde a descoloração decaiu para 78,87%. No sistema não agitado (Figura 2B), o percentual de descoloração foi de 85,23%, após 168h de contato na concentração de 3mg/mL de biomassa. Apesar do sistema não agitado oferecer um percentual final menor, ele não apresenta dessorção do corante no tempo máximo de contato estudado. Um estudo semelhante foi publicado por Silva et al. (2013) utilizando biomassa inativada de *Cunninghamella elegans* UCP 542, na descoloração do azo corante alaranjado II, em sistema agitado. Neste, a melhor condição de descoloração atingiu um percentual de 60% em 144h, com uma concentração de 4mg/mL de biomassa e solução corante inicialmente a 0,025mM. Ambrósio et al. (2012) também fez ensaios de descoloração com *Cunninghamella elegans* UCP 542 e obteve em sua melhor condição 70% de descoloração após 72h de contato, em sistema agitado, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Melhor condição de descoloração do azo corante alaranjado II por *C. elegans* e *C. phaeosphora*.

MICRO-ORGANISMO	Condição de descoloração			Referência
	Tempo de contato (h)	Concentração de biomassa (mg/L)	Descoloração (%)	
<i>Cunninghamella elegans</i> UCP 042 (c/agitação)	144	4	60,00	Silva et al. (2013)
<i>C. elegans</i> UCP 042 (c/agitação)	72	-	70,00	Ambrósio et al. (2012)
<i>C. phaeosphora</i> UCP 1303 (c/agitação)	72	3	90,42	Presente estudo
<i>C. phaeosphora</i> UCP 1303 (s/agitação)	168h	3	85,23	Presente estudo

Fonte: próprio autor.

Comparando os resultados obtidos com fungos do mesmo gênero *Cunninghamella phaeosphora* e *Cunninghamella elegans*, para o mesmo corante, percebe-se que a *Cunninghamella phaeosphora* mostrou ser mais eficiente no processo de descoloração mesmo no sistema estático, como mostra apresentado na Tabela 1. Os valores de descoloração foram superiores no menor tempo (86,46% com agitação e 70,79% sem agitação, em 24h, respectivamente).

Figura 3: Porcentagem de descoloração em função do tempo utilizando-se a quitosana em diferentes concentrações. (A) Com agitação. (B) Sem agitação.

Fonte: próprio autor.

A descoloração do corante alaranjado II pela quitosana (Figura 3A e 3B) apresentou valores inferiores quando comparados ao desempenho da biomassa inativada. O maior resultado de descoloração 39,35%, obtido sem agitação com 72h (Figura 3B).

Considerando todas as condições estudadas é perceptível o quão eficiente é o processo de descoloração feito a partir da biomassa inativada de *Cunninghamella pheosphora*, tanto em sistemas agitados, como em sistemas não agitados. Observa-se também que quanto maior a concentração desta biomassa, maior o percentual de descoloração para praticamente todos os casos.

Os resultados da descoloração do azo corante alaranjado II, pelo método de bioissorção se mostram como uma ótima alternativa na remoção de cor, além de apresentar vantagens como alta eficiência na remoção de cor, baixo custo na produção dos bioissorventes e biodegradabilidade dos mesmos.

Os gráficos também apontam que na maior parte das condições estudadas, uma maior concentração de biomassa no sistema, resulta em uma maior descoloração do corante. Esse fenômeno pode ser explicado a partir da premissa de que com uma quantidade maior de adsorvente no meio, também haverá uma maior quantidade de sítios ativos para interagir com o adsorvato.

A quitosana produzida por *Cunninghamella phaeosphora* se mostrou mais eficiente que a biomassa fresca, porém muito menos eficiente que a biomassa inativa, provavelmente pelo fato de possuir um grau de desacetilação muito baixo.

Embora a quitosana tenha se mostrado com pequeno potencial de descoloração do corante Azo Alaranjado II, a biomassa inativa da *C. phaeosphora* se mostrou como uma ótima opção para processos de descoloração, que atingiu mais de 80% de descoloração em apenas 24h (sistema agitado), além de sua obtenção de baixo custo, se considerado o fato de que foram utilizados resíduos agroindustriais para sua obtenção, e que não foram necessários tratamentos específicos para sua aplicação além do simples processo de inativação e secagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A capacidade de biotransformação das fontes de carbono e nitrogênio não convencionais (tomate e milhocina) em quitosana por *Cunninghamella phaeosphora*, evidencia a importância do uso de resíduos agroindustriais oriundos do descarte, na produção de quitosana, um biopolímero de elevado interesse comercial.

Os estudos realizados demonstraram a eficiência da biomassa inativada no processo de descoloração indicando que o microrganismo *Cunninghamella phaeosphora* é um microrganismo promissor para o tratamento de efluente da indústria têxtil.

REFERÊNCIAS

- [1] Ambrósio, S. T.; Vilar Júnior, J. C.; Silva, C. A. A.; Okada, K.; Nascimento, A. E.; Longo, R. L.; Takaki, G. M. C.; *A Biosorption Isotherm Model for the Removal of Reactive Azo Dyes by Inactivated Mycelia of Cunninghamella elegans* UCP 542. *Molecules* 2012, 17, 452-462.
- [2] Berger, L.R.R.; Cardoso, A.; Stamford, T. C. M.; Cavalcante, H. M. M.; Macedo, R. O.; Campos-Takaki, G. M.; *Agroindustrial waste as alternative medium in the production of chitin and chitosan by Rhizopus arrhizus – A factorial design*. *Asian Chitin Journal*, v.7, p.83-90, 2011a.
- [3] Berlin, L. G.; *A Indústria têxtil brasileira e suas adequações na implementação do desenvolvimento sustentável*. *Moda Palavra*. Ano 7, n.13, 2014.
- [4] Chen, H.; Motuzas, J.; Martens, W.; Costa, J. C. D.; *Degradation of azo dye Orange II under dark ambient conditions by calcium strontium copper perovskite*. *Research Paper. Applied Catalysis B: Environmental* 221 (2018) 691-700
- [5] Fujita, R. M. L.; Jorente, M. J. V.; *A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural*. *Revista ModaPalavra e-Periódico* vol.8, n.15, jan./jul.2015.
- [6] Ke-Jin Hu; Kwok-Wing Yeung; Kwok-Ping Ho; JIN - Lian HU; *Rapid extraction of high-quality chitosan from mycelia of absidia glauca*; *Journal of food biochemistry*. V. 23. June 1999.
- [7] Mendes, C. R.; Dilarri, G.; Pelegrini, R. *Aplicação da biomassa Saccharomyces cerevisiae como agente adsorvente do corante Direct Orange 2GL e os possíveis mecanismos de interações adsorbato/adsorvente*. *Revista Matéria*, v.20, n.4, pp.898-908, 2015.
- [8] Priya AK. *Utilization of Waste Materials as Adsorbents for Color Removal from Textile Effluents- A Review*. *Biomed J Sci & Tech Res* 2(2)- 2018.
- [9] Queiroz, M. T. A.; Lima, L. R. P.; Alvim, L. B.; Leão, M. M. D.; Amorim, C. C.; *Gestão de resíduos na indústria têxtil e sua relação com a qualidade da água: estudo de caso*. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, Florianópolis, SC, Brasil, v. 8, n. 15, p. 114-135, 2016.
- [10] Santos, M. C., Cirilo A. T. de O., Nunes M. L., *Determinação do grau de desacetilação de quitosana obtida de camarão "Saburica" (Macrobrachium jelskii, Miers, 1877)*; *Scientia Plena*, 2011.

- [11] Sharma, S.; Saxena, R.; Gaur, G.; *Study of Removal Techniques for Azo Dyes By Biosorption: A Review*. Journal of Applied Chemistry. Vol. 7, 2014.
- [12] Shrivastava, A. K.; *A review on copper pollution and its removal from water bodies by pollution control technologies*. Indian Journal of Environmental Protection, v, 29, p, 552-560, 2009.
- [13] Silva, T. A. L.; Tambourgi, E. B.; Takaki, G. M. C.; *Inorganic polyphosphate accumulation by Cunninghamella elegans (UCP 542) and its influence in the decolorization of textile azo dye Orange II*. Clean Techn Environ Policy, 2013.
- [14] Wang, L.; Shen, B.; *A Product Line Analysis for Eco-Designed Fashion Products: evidence from an Outdoor Sportswear Brand*. Sustainability 2017, 9, 1136;
- [15] Zanette, J. C.; Piffer, H. H.; Juchen, P. T.; Veit, M. T.; Gonçalves, G. C.; Klen M. R. F.; *Biossorção do corante têxtil azul 5G utilizando o bagaço de malte*. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, Unicamp – Campinas – SP, 2015.

Capítulo 2

Remoção de corante catiônico de meio aquoso usando resíduo da Agroindústria de alimentos como adsorvente

Luciene Mendes da Silva

Ulisses Alberto Rodrigues da Silva

Neura Mendes da Silva

Alexilda Oliveira de Souza

Resumo: A poluição de efluentes por corantes sintéticos é um grande problema, uma vez que podem ser tóxicos e afetar as atividades de fotossíntese devido à redução da penetração da luz solar. A adsorção é comprovadamente um excelente método para tratar efluentes contendo corantes, é um processo de fácil operação e alta eficiência, facilmente aplicável, ambientalmente correto e economicamente viável, principalmente quando são utilizados adsorventes de baixo custo. Estudos têm sido direcionados para avaliação do potencial de adsorventes alternativos, oriundos de resíduos da agroindústria, também chamados de bioadsorventes ou adsorventes não convencionais. Partindo-se deste pressuposto, objetivou-se utilizar semente de goiaba (G), resíduo agroindustrial, como adsorvente para remoção do corante violeta cristal em meio aquoso. A biomassa foi caracterizada por análise térmica (TG e DTA), espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e determinação da composição química. Os espectros no infravermelho evidenciaram a presença dos grupos OH e COOH que são sítios ativos para adsorção de corantes catiônicos. A partir dos ensaios de adsorção, verificou-se que a capacidade máxima de remoção do corante foi em torno de 96 %, valor considerado alto quando comparado a outros bioadsorventes. O potencial de adsorção exibido pelo material estudado sugere que o mesmo pode vir a se constituir em alternativa viável e eficiente para o tratamento de efluentes industriais contaminados por corantes catiônicos.

1. INTRODUÇÃO

Corantes são compostos químicos que podem conectar-se nas superfícies ou tecidos para conferir cor. A maioria dos corantes são moléculas orgânicas complexas e são resistentes a muitas interações tais como a ação dos detergentes. Corantes sintéticos são amplamente utilizados em muitos campos de tecnologia avançada, principalmente no setor industrial voltado para o ramo têxtil, de papel, curtimento de couro, de processamento de alimentos, plásticos, cosméticos, borracha, impressão, dentre outros (MUSTAFA, 2014).

A geração de efluentes contaminados com corantes provenientes de diferentes atividades continua preocupando a comunidade científica e empresarial.

À medida que pesquisas e processos industriais avançam, a geração desses contaminantes cresce vertiginosamente. Em contrapartida, os órgãos de fiscalização estão exigindo a redução de forma sustentável, de modo que os produtos industriais beneficiem a população sem agredir o meio ambiente (BAZZO, 2015).

O corante violeta cristal (VC) ou violeta genciana, objeto dessa pesquisa, atua como agente identificador de bactérias, possui atividade antisséptica e antimicótica, sendo por isto empregado em desinfetantes de intensidade moderada. Em hospitais tem aplicação no tratamento de queimaduras sérias e outras lesões da pele e gengivas. No Brasil é encontrado também em rações para aves, assim como para carimbar cortes de carne em matadouros. Existem relatos ainda do uso do violeta cristal como corante alimentício em aguardentes de mandioca (GOES, 2013)

O descarte de efluentes contendo corantes contribui para o aumento dos níveis de poluição dos recursos hídricos devido à natureza recalcitrante desses compostos orgânicos. Os corantes prejudicam a vida aquática devido à cor característica, dificultando a entrada de luz no meio, afetando processos como a fotossíntese (BAZZO, 2015).

Aplicar o processo de adsorção no tratamento de efluentes aquosos contendo corantes é uma alternativa promissora, pois é economicamente viável, gera pouca quantidade de resíduos, além de promover a remoção do poluente e permitir a recuperação do adsorvente utilizado (KANT, 2012). Muitas indústrias têxteis usam carvão ativado comercial para o tratamento de resíduos de corantes. Porém, muitos estudos têm sido desenvolvidos na busca por alternativas de baixo custo, com efetivo potencial adsorvente, com vistas à substituição do carvão ativado comercial. Nesse contexto, pesquisas apontam para a utilização de vários adsorventes de baixo custo derivados de materiais naturais, resíduos sólidos industriais, subprodutos agrícolas, como precursores para produção de novos adsorventes (ALI et al, 2012).

Os bioadsorventes podem ser cascas, sementes ou caroços oriundos da biomassa corriqueiramente tratados como resíduos e não tem valor de mercado. O baixo custo desses produtos aliado à sua boa capacidade de adsorção tem despertado o interesse nesses materiais como uma alternativa viável e eficaz na remoção de corantes, fármacos, pesticidas, hormônios e metais pesados em efluentes industriais (BAZZO, 2015).

Diante do exposto, estudou-se no presente trabalho, o processo de adsorção do corante Violeta Cristal utilizando um bioadsorvente produzido a partir de sementes de goiaba, resíduos da agroindústria de alimentos, com vistas à remoção do corante violeta cristal presente em efluentes industriais através de processos de adsorção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. OBTENÇÃO DO BIOSSORVENTE A PARTIR RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DA GOIABA

Os resíduos das goiabas foram cedidos por uma empresa de produção de polpa de frutas localizada na região Sudoeste da Bahia. O resíduo inclui sementes e cascas. As cascas e fragmentos da polpa foram desprezados. Os resíduos ainda úmidos foram levados ao laboratório e, então, lavados com água deionizada para separação das sementes e estes foram secos ao sol, depois peneirados para retirada completa de resíduos da polpa.

Após a etapa anterior, os caroços foram secos em estufa com circulação de ar da marca Marconi por 24 horas e moídas em moinho de facas com 2 mm de abertura. Para os ensaios de adsorção o resíduo foi peneirado para obtenção de granulometria menor (Peneira padrão ABNT – 18 mesh).

2.2. CARACTERIZAÇÃO DO BIOADSORVENTE

A composição química da amostra foi determinada a partir das análises de umidade, cinzas, proteína bruta, fibra bruta, gordura total e carboidratos. As análises foram realizadas de acordo com métodos descritos pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1984) Todas as análises foram realizadas em triplicata.

O espectro FTIR foi obtido em um espectrômetro de infravermelho Spectrum 100 da marca Perkin Elmer utilizando pastilhas de KBr (0,05%) e na região de 4000 a 400 cm^{-1} .

As medidas de análise termogravimétrica foram realizadas em equipamento Shimadzu modelo DTG – 60H e para os experimentos de DTA utilizou-se o equipamento da Shimadzu DTG 60-A. Ambas as medidas foram conduzidas nas seguintes condições de operação: Taxa de aquecimento 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, vazão de nitrogênio gasoso 50 mL/min , desde a temperatura de 30 $^{\circ}\text{C}$ até 1000 $^{\circ}\text{C}$

2.3. EXPERIMENTOS DE ADSORÇÃO

Aproximadamente 0,01 g do bioadsorvente foi adicionado em tubos contendo 5 mL da solução do corante violeta cristal na concentração de 100 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$. Os tubos foram colocados sob agitação constante (em aparato experimental), por tempos de 5, 15, 30, 60, 120, 240 até 480 minutos em temperatura ambiente, e em seguida foram centrifugados (Centrífuga MPW-350), sendo o sobrenadante retirado e filtrado utilizando filtro de seringa de PTFE hidrofílico, poro 0,45 μm , diâmetro do filtro 25 mm (Analítica). A quantificação do corante remanescente na solução foi realizada por leitura direta em espectrofotômetro (Biochrom Libra S70) no comprimento de onda de 583 nm. A partir dos valores de absorbância e da curva de calibração, determinou-se a capacidade adsortiva do bioadsorvente, utilizando a Equação 1.

$$qe = \frac{(C_0 - C_{eq}) \cdot V}{W} \quad (1)$$

Onde: q_e é a capacidade adsortiva (mg/g), V é o volume de solução (mL), C_0 concentração inicial da solução (mg/L), C_{eq} é a concentração final da solução (mg/L) e W é a massa do adsorvente (g).

A eficiência do processo adsortivo foi obtida a partir dos valores de concentração inicial e final da solução, conforme a Equação 2.

$$efic = \left(\frac{V C_{in} - V C_{eq}}{V C_{in}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde: $efic$ é a eficiência da adsorção (%), V é o volume de solução (mL), C_{in} concentração inicial da solução (mg/L) e C_{eq} é a concentração de saída da solução (mg/L).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

O conhecimento da composição química da biomassa é muito importante para identificar os possíveis grupos funcionais responsáveis pela capacidade de adsorção. Os resultados da composição química do bioadsorvente (G) está apresentado na Tabela 1.

De acordo com os resultados de composição química para os parâmetros analisados, verificou-se que a presença de proteína, gordura e carboidratos denota que o material em estudo poderá ser um bom adsorvente considerando a disponibilidade de grupos funcionais importantes como carboxilas e hidroxilas. Esses grupos funcionais podem promover interações entre o corante presente em solução e o adsorvente.

Tabela 1 Composição química da semente de goiaba (G)

Parâmetro (%)	Semente de Goiaba - G
Umidade	8,13 ± 0,06
Cinzas	1,36 ± 0,02
Proteína Bruta	1,12 ± 0,02
Carboidratos	27,99 ± 0,76
Gordura total	16,63 ± 0,38
Fibra Bruta	53,59 ± 0,71

3.2.ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER

A capacidade de adsorção em materiais vegetais é atribuída aos grupos ativos presentes na estrutura. Com isso, utilizou-se a espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier como uma ferramenta para identificar os principais grupos funcionais presentes na biomassa estudada. O espectro no infravermelho obtido está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Espectro no infravermelho do bioadsorvente.

Considerando o espectro, notou-se uma banda larga e pouco intensa localizada por volta de 3400 cm^{-1} e uma banda estreita centrada em 1600 cm^{-1} que podem ser atribuídas aos modos de estiramento (O-H) e à deformação (H-O-H) das moléculas de água adsorvidas na superfície do material respectivamente e/ou a estiramentos da ligação N-H de amidas, considerando a presença de proteínas, ácidos graxos e carboidratos na composição química da amostra em estudo (Tabela 1). Verificou-se a presença de duas bandas fortes em torno de 2924 cm^{-1} e 2852 cm^{-1} que estão relacionadas respectivamente aos estiramentos assimétricos e simétricos da ligação C-H do grupo CH_2 , que podem ser atribuídos ao componente lipídico da amostra. A absorção em torno de 1700 cm^{-1} pode ser atribuída à vibração de estiramento da ligação C=O, devido a grupos carboxílicos ($-\text{COOH}$, COOCH_3) e pode ser atribuída também a ácidos carboxílicos ou seus ésteres. A banda que aparece em 1630 cm^{-1} pode ser atribuída aos estiramentos vibracionais de um ácido carboxílico contendo ligações de hidrogênio (PAVAN, 2006). O resultado de FTIR foi importante para identificar os grupos funcionais presentes na biomassa analisada e a partir desse conhecimento foi possível sugerir que o material tem potencial para adsorver o corante violeta cristal, corante catiônico, através de atrações eletrostáticas entre os grupos ativos OH e COOH.

3.3. RESULTADOS DE ANÁLISE TÉRMICA

O resultado de análise termogravimétrica (ATG) pode ser observado na Figura 2. O material exibiu três estágios de perda de massa. O primeiro estágio ocorreu em temperatura próxima a 100 °C e pode ser atribuído à perda de água por evaporação. Esse resultado apresenta-se coerente com a porcentagem de umidade encontrada 8,54 %. O segundo estágio de decomposição ocorreu na faixa de 220 e 380 °C sendo relacionado à decomposição dos extrativos orgânicos presente na biomassa. O terceiro estágio de decomposição ocorreu entre 380 a 600 °C. Este terceiro evento de perda de massa pode ser associado à degradação térmica da celulose, hemicelulose e lignina levando a produção de carvão. Acima de 650 °C, as curvas de perda de massa não apresentam mais nenhum evento térmico, indicando a estabilidade térmica da estrutura carbonácea formada.

Figura 2 – Resultado de Análise Termogravimétrica (ATG)

A Figura 3 ilustra os resultados de DTA obtidos. De acordo com a curva térmica, da semente de goiaba verifica-se que o evento de saída de água, indicado no resultado de TG, não foi evidenciado no DTA. Tal evento deveria ser sinalizado por um pico endotérmico em temperaturas próximas a 100 °C. Esse comportamento confirma a baixa umidade das amostras (Tabela 1). Notou-se ainda um pico endotérmico em torno de 350-380 °C, que pode ser atribuído à liberação de voláteis oriundos da decomposição dos compostos orgânicos (SILVA et al., 2015). Verificou-se também um pico exotérmico fraco em 450 °C e um pico exotérmico intenso em 600 °C que podem ser associados à combustão da celulose, hemicelulose e lignina.

Figura 3 - Resultado de Análise Térmica Diferencial (ATD)

3.4 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE ADSORÇÃO

3.4.1. ESTUDO CINÉTICO

A cinética do processo foi obtida através da concentração final mínima em função dos tempos de contato (5, 10, 15, 30, 60, 120, 240, 420 minutos). Os resultados são apresentados na Figura 4 e Tabela 2. Considerando os resultados dos ensaios cinéticos, verificou-se que a alteração da concentração do VC em função do tempo ocorreu em duas fases. A primeira fase envolveu uma rápida adsorção de corante durante os primeiros 5min de contato sorbato-sorvente, que foi seguido por uma fase lenta de remoção de corante, que durou por um período mais longo de tempo (> 60 min) até que o equilíbrio fosse alcançado. A fase rápida poderia ser atribuída à ocupação de sítios de sorção da superfície externa, facilmente acessíveis e a possível disponibilidade abundante de sítios ativos no adsorvente, enquanto com a ocupação gradual desses sítios o processo de adsorção se torna mais lento durante a segunda fase (WANG et al, 2015)

A remoção rápida do adsorbato e o equilíbrio em um período curto de tempo quando comparado a outros processos que atingem o equilíbrio em até 48 h, são uma das indicações que o adsorvente investigado é eficiente e pode ser uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes tornando o processo mais econômico.

Figura 4 - Cinética de adsorção do corante violeta cristal com a amostra U

Tabela 2 - Eficiência do processo de adsorção para o bioadsorvente

Tempo (min)	Eficiência (%)
5	95,14
10	97,56
15	96,87
30	95,13
60	95,55
120	93,69
240	93,69
480	88,24

4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos verificou-se que a semente de goiaba apresentou bom desempenho na adsorção do corante violeta cristal, o que é um indicativo que este material tem potencial para se tornar uma alternativa para o tratamento de efluentes industriais, uma vez que é um adsorvente barato e eficiente do ponto de vista adsorativo, chegando a remover aproximadamente 96% do adsorbato.

5.AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESB e a CAPES pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Ali, I., Asim, M., Khan, T.A. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of Environmental Management*, v. 113, p. 170–183, 2012.
- [2] Association Of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 14th ed. Arlington, 1984.
- [3] Bazzo, A. Aplicação e caracterização do caroço de abacate (*Persea americana mil*) como adsorvente na remoção do corante violeta cristal. 2015. 71p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.
- [4] Goes, M. C. C. Palha de Carnaúba (*Copernicia cerifera*) como removedor dos corantes azul de metileno e violeta cristal. 2013. 102p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 2013.
- [5] Kant, R. Adsorption of dye eosin from an aqueous solution on two different samples of Activated carbon by static batch method. *Journal of Water Resource & Protection*, v. 4, p. 93–98, 2012.
- [6] Mustafa T. Y, Tushar K. S. Sharmeen A, Ang, H.M. Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*. Volume 209, July 2014, p. 172–184.
- [7] Pavan, F.A.; Lima, I.S.; Lima, E.C.; Airoidi, C.; Gushikem Y. Use of ponkan mandarin peels as biosorbent for toxic metals uptake from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*. v. 137, p. 527–533, 2006.
- [8] Silva, L. M da.; Silva, U. A. R da.; Ribeiro, E. F.; J, Neuza. Caracterização e análise térmica do óleo de licuri. *Journal of Fruits and Vegetables*. V. 1, p. 241-247. 2015.
- [9] Wang, S., Zimmeran, A. R., LI, Y., Ma, L., Harris, W. G., Migliaccio, K. W. Removal of arsenic by magnetic biochar prepared from pinewood and natural hematite. *Bioresouce Technology*. v.175, p 391-395. 2015.

Capítulo 3

A transformação de resíduos sólidos em elemento arquitetônico

Lucas Carvalho Lisboa

1. INTRODUÇÃO

Diversas atividades e processos produtivos são executados todos os dias, e grande parte destas produz resíduos, sejam estas de cunho industrial, hospitalar, domésticas, entre outras, o que acaba por gerar um número elevado destes sendo dispostos na cidade, e muitas vezes em locais inadequados, gerando diversos problemas.

No Brasil ainda são pontuais as iniciativas que buscam fazer reuso destes materiais, por isso projetos que mostrem esta importância, como e onde podem ser realizados devem ser estudados e ampliados no campo científico e prático, visando o bem-estar geral, por isso este trabalho busca mostrar iniciativas já consolidadas onde alguns resíduos são utilizados na construção civil, respeitando suas particularidades e composição, para que sejam usados onde são mais eficientes.

Serão mostrados além dos exemplos de reuso dos resíduos, as normas que regulamentam tais práticas, como devem proceder os profissionais da área, os direitos da população e alguns dos deveres do poder público em relação ao tema, entre outras questões legais que fazem parte do tema.

2. METODOLOGIA

Foram realizadas pesquisas sobre os resíduos de diversos materiais, suas características, funções e qualidades para então selecionar o que possuem a possibilidade de vir a ser utilizados dentro do setor da construção civil após seu uso primário; foram também levantados dados à respeito das normas que regem o manejo de resíduos sólidos no Brasil, como está o panorama nacional e regional sobre tais práticas e sempre mostrando a importância de realizar o reuso de resíduos, tanto para os setores ambiental, financeiro e social.

3. RESULTADOS/DISCUSSÕES

O setor da construção civil é um dos que mais consegue receber e fazer uso de diversos resíduos, sejam estes produzidos por ele mesmo ou por outros, tornando-o um grande facilitador nestes processos, havendo assim várias maneiras e formas de trazer resíduos da rua, lixões e etc e os transformar em elementos arquitetônicos.

Entre estas transformações pode-se citar o uso de resíduos de tubos de Policloreto de vinila – PVC em luminárias, entulhos como agregados do concreto, pneus como elementos arquitetônicos, entre outros exemplos, sejam estes fáceis de ser executados, assim como mais complexos.

Segundo a NBR 15113 (ABNT, 2004) os resíduos de construção civil não podem ser dispostos em lixões e aterros sanitários, mas em aterros edificados de forma específica para recebê-los, visto que a deposição dos mesmos em locais inadequados acaba por ferir e trazer malefícios ambientais para o local devido o processo de decomposição de alguns materiais.

A partir da aplicação da NBR 15113 as discussões acerca da situação do meio ambiente passaram a ser mais presentes, segundo (Pinto, 1999) a deposição irregular e inadequada destes resíduos podem ocasionar diversos impactos ao meio ambiente, entre os quais vale citar a poluição do solo, do lençol freático, do ar; criação de um local propício à proliferação de doenças e reprodução de seus vetores; comprometimento da drenagem natural.

Os problemas da disposição de forma errada destes resíduos são diversos e conhecidos pela sociedade, para que estes sejam amenizados e eximidos algumas práticas são necessárias e importantíssimas para que este quadro seja mudado da forma mais rápida possível.

3.1. REUSO DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dentre os materiais que possuem potencial de uso dentro da construção civil, a madeira é um dos principais, visto que possui várias possibilidades de uso para a mesma, podendo ser utilizada desde funções básicas como escoras, pallets e formas para pilares e afins, até como um móvel ou objeto decorativo, tais transformação se devem a diversos fatores, entre eles o tipo de madeira, seu estado físico e químico, os tratamentos e processos que podem ser aplicados na mesma, e no que se deseja transformá-la.

Fonte: <http://www.mundiallog.com.br/pallet-madeir>

Os exemplos de reuso da madeira podem se dar de diversas formas, desde as mais simples como a fabricação de pallets, objetos de sustentação, até as mais complexas, como o uso dos mesmos como elemento arquitetônico, fabricação de móveis, objetos de design, e composição arquitetônica, como pode ser visto na Figura 02 e Figura 03, na obra do arquiteto Matthias Loebmann fez o projeto de um pavilhão no ano de 2005, fazendo uso de 1.300 pallets.

Um dos primeiros estudos no Brasil acerca do uso de entulho como agregado na fabricação de concreto foi (Zordan, 1997), neste trabalho foram realizados vários ensaios com a mistura de água e cimento, os quais foram submetidos a diversos testes, como os de compressão, permeabilidade, e à brasão, a partir dos resultados obtidos percebeu-se que os entulhos podem ser utilizados como concreto não estrutural, devido aos seus novos componentes e comportamento.

O uso dos entulhos com agregados também pode se dar na composição química e física da argamassa, substituindo alguns dos agregados da mesma, trazendo assim algumas vantagens para o novo material compósito, entre estes vale citar a redução no uso de cimento e da cal, aumento de resistência à compressão, diminuição de custos, entre outros, sendo indicados para uso de locais onde não haja necessidade de acabamentos tão delicados.

Como a maioria dos produtos do entulho que são utilizados na adição ao concreto, são necessários alguns processos externos para que venham transformar os grânulos na dimensão desejada; segundo (Figueira, 2004) as ligações interatômicas, as que existem entre os átomos, são eficientes quando estão à pouca distância, e por isso podem ser quebradas quando submetidas à forças externas.

Entre os processos de quebra dos grânulos e a diminuição de suas dimensões vale citar: o de Choque ou impacto; Compressão ou esmagamento; abrasão ou cisalhamento por exemplo, sendo estes os mais usuais no mercado, na Figura 04 pode-se ver o exemplo de uma usina de britagem.

Imagem 04: Usina de britagem

Fonte: <http://okambiental.com.br/wp-content/uploads/2013/06/Usina-reciclagem-de-entulhos.jpg>

No estudo de (Altheman, Giusepponi, Paulon, 2003) foram observados os comportamentos dos concretos fabricados à partir da adição de entulho como agregados em sua composição quanto à compressão axial, como pode ser visto na Tabela 01, onde nos ensaios ficou decidido que o abatimento do cone ficou entre 80-100mm, e diversificaram a relação entre água e cimento com teores menos de cimento, abaixo de 350g/m³.

Tabela 01: Resistências médias dos ensaios de compressão axial de concretos produzidos com agregados de entulho

Amostra		a/c	Resistência à Compressão Axial (MPa)		
			7 dias	28 dias	60 dias
Concretos com Agregados Reciclad	CR 180	1,46	3,6	6,0	6,7
	CR 242	1,03	7,3	10,1	11,7
	CR 300	0,90	12,1	15,5	18,7
	CR 366	0,77	11,6	16,5	20,9
Concretos com Agregados Convencionais	CC 180	1,10	4,8	7,3	8,4
	CC 230	0,86	7,7	11,1	12,4
	CC 282	0,72	11,0	14,6	16,4
	CC 340	0,60	18,0	23,1	26,1

Fonte: Altheman, Giusepponi, Paulon, 2003

3.3. PNEU COMO ELEMENTO ARQUITETÔNICO

Todos os dias pneus são retirados de automóveis devido o término do tempo de sua vida útil, muitos destes não recebem o tratamento adequado e passam a ser depositados em locais inadequados como lixões, canais, em calçadas e leito de rios, trazendo assim vários problemas para a sociedade, desde acúmulo de água parada e proliferação de mosquitos; entupimento de bueiros causando alagamento de vias; contaminação se rios; entre outros.

Dentro do setor da construção civil existem algumas possibilidades de uso para os mesmos, um destes é a utilização das fibras da borracha na fabricação de placas pré-moldadas de concreto, (Dos Santos, 2005) realizou testes acerca das propriedades mecânicas deste novo material, os resultados obtidos foram positivos e satisfatórios quanto aos números necessários para o uso deste.

Segundo (Mecedo e Tubino, 2005) os benefícios quanto ao uso dos pneus neste material compósito vão além das questões ambientais e de melhoramento da mobilidade urbana, mas vão de forma direta para os usuários destes materiais e de seu conforto, pois a presença da borracha no novo compósito auxilia na melhor manutenção do conforto térmico e acústico do local, devido às sua composição original, trazendo assim bem-estar para os mesmos.

Além das características já mencionadas, as placas pré-moldadas produzidas a com as fibras dos pneus possuem acabamento muito bom ao sair da forma, onde sua superfície se comporta de forma lisa e com aparência agradável, diminuindo assim custos para que as mesmas venham receber tratamentos de acabamento, seu encaixe ocorre de forma simples e funcional, através de encaixe macho fêmea, facilitando o serviço de quem vier a manusear o material, como pode ser observado na Figura 05.

Figura 05: Placas pré-moldadas com encaixe macho fêmea

Fonte: Macedo 2005

Outra forma de reutilização dos pneus é mais simples e rápida, se dá na fabricação de móveis e objetos de coração, algo muito pedido e que é visto com bons olhos por parte de quem compra, admira e de quem produz, devido seus valores ambientais e estéticos, valorizando também o trabalho de quem produz estas obras de arte.

Fazendo parte do denominado “Ecodesign, os pneus podem ser utilizados de diferentes formas dentro da arquitetura, que podem ser em forma de bancos, painéis, mesas, entre outras, na Figura 06 pode-se observar um exemplo, uma mesa de centro fabricada a partir de um pneu de carro, onde a mesma recebeu alguns tratamentos para chegar ao objetivo final.

Figura 06: – Pneu utilizado na criação de mesinha de canto

Fonte: <https://br.pinterest.com/explore/mesa-de-pneu>

4. IMPASSES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO

Apesar da necessidade e importância de realizar tais práticas, muitas delas são desenvolvidas em pequena escala, enquanto que outras ficaram apenas no campo de estudo, isto deve-se à diversos fatores, entre os quais pode-se citar a insuficiente educação ambiental na sociedade de forma geral; poucos projetos e investimentos nestes setores; e a falta de uma maior integração entre os setores produtivos que compõe a sociedade por exemplo.

Dentre os impasses que dificultam a colocação em prática dos conhecimentos científicos à respeito do tema o financeiro é visto com o principal na maioria dos casos, visto que para que o processo completo, desde a pesquisa até a prática necessita de investimentos, e de valores que cubram os custos e necessidades de todos os profissionais envolvidos no processo, pois se trata de equipes interdisciplinares e que necessitam de condições para que seus trabalhos sejam desenvolvidos da melhor forma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos realizados durante a composição deste trabalho ficou claro que a reutilização de alguns resíduos dentro da construção civil é possível e eficiente se olhada por algumas óticas, como a social, financeira, saúde, tecnológica e inovação por exemplo, favorecendo ao meio ambiente, gerando empregos, e à arquitetura.

Os resíduos de alguns materiais devido sua composição possuem maior potencial de uso em determinadas finalidades, o que deve ser observado detalhadamente para então determinar onde e como estes serão utilizados, utilizando suas qualidades da melhor forma possível, além de que a ação de transformação deles em um elemento arquitetônico venha ser muito mais benéfico que prejudicial e/ou oneroso.

Além de fazer conhecida a possibilidade de fazer uso de alguns resíduos dentro da composição de materiais e elementos construtivos dentro da arquitetura, mostrar alguns exemplos consolidados, e como agir diante das normas e leis que regem tais práticas, este trabalho visa mostrar a responsabilidade de todos acerca da necessidade e importância de cuidar do meio ambiente em que todos vivem, necessitam e irão fazer uso futuramente.

REFERÊNCIAS

- [1] Altheman, D.; Giusepponi, S. C.; Paulon, V. A. A resistência à compressão com agregados de entulho de concreto. In: VI Seminário Desenvolvimento Sustentável E a Reciclagem na Construção Civil, 12p., 2003, São Paulo. Anais...São Paulo: Ibracon, 2003, cd-rom.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15113:2004. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
- [3] Dos Santos, A. C. (2005); Avaliação Do Comportamento Do Concreto Com Adição De Borracha Obtida A Partir Da Reciclagem De Pneus Com Aplicação Em Placas Pré-Moldadas. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Alagoas, Maceió/AL.
- [4] Figueira, H. V. O.; Almeida, S. L. M.; Luz, A. B. Cominuição. In: Luz, A. B.; Sampaio, J. A.; Almeida, S. L. M. Tratamento de minérios. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Cetem-CNPQ-MCT, 2004. Capítulo 4, páginas 113-194.
- [5] Macedo, d. C. B.; tubino, r. M. C. Comportamento térmico e acústico de placas pré-moldadas com borracha de pneu. São Carlos-SP. In Primeiro encontro nacional de pesquisa projeto produção em concreto pré-moldado. 2005.
- [6] Pinto T.P. Metodologia para Gestão Diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- [7] Zordan, S. E., Utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. 140 f. 68 Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas (1997).Walker E Dohmann, 1996
- [8] Wambuco. Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios – Volume III. União Européia, 2002.

Capítulo 4

Potencial de aplicação de resíduos de madeira oriundos do pó de serragem como material de construção

Khalliane Sousa Araujo

Patricia Santos Fraiha

Ana Vitoria Protazio Barbosa e Vitor

Ruan Maia Vinente

Salomão Peres Elgrably

Resumo: Essa dissertação objetivou demonstrar a aplicação do rendimento e a classificação de resíduos de madeira da construção civil. Apresentando desde a sua origem até seu ciclo final. Nas pesquisas feitas procurando desde a sua origem até seu ciclo final. Nas pesquisas feitas procura-se apresentar a quantidade de resíduo gerado no Brasil, anualmente, suas características químicas, com seus componentes não estruturais (celulose, hemicelulose e lignina) e componentes não estruturais (massa molecular, baixa ou media) e características físicas, mostrando sua durabilidade, umidade, flexibilidade e etc. E com todas as características estudadas tem-se como objetivo uma destinação junto à aplicação, gerando uma seleção dos resíduos de madeira, possibilitando a reutilização. E um exemplo disso é a fabricação de solo-cimento com adição de resíduos de madeira que tem potencial no uso de fibras vegetais, dando ênfase no tipo de madeira, pois dependendo da espécie possui maior ou menor, quantidade de carboidrato, glucosídeos retardando a pega do cimento, como as coníferas que é uma espécie, mais compatível com o cimento e com isso o uso de resíduo desta madeira reciclada tende a diminuir os resíduos sólidos.

Palavras chaves: resíduos de madeira, características e matriz de cimento.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Klock *et al* (2005) a madeira é uma das matérias primas mais conhecida e utilizada em quase todos os campos da tecnologia. Após o descarte do material, por ser de origem natural, produzido a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas, a mesma retorna ao ciclo natural de degradação de seus elementos básicos.

Seu uso ocorre desde períodos pré-históricos até os dias atuais, ou seja, a madeira ainda atualmente é vista como uma matéria prima moderna. Seu uso envolve desde a construção, revestimentos, painéis, até mesmo na produção de papel, além de outros inúmeros produtos advindos da transformação química da matéria, juntamente com sua condição de matéria prima renovável, tudo isto torna a madeira um bem de inigualável valor para a humanidade (KLOCK *et al*, 2005).

A indústria da madeira vista de maneira global por muitos tempo fez uso dos recursos naturais de maneira desordenada, tanto na obtenção da matéria-prima, na fase de produção dos produtos, como também no descarte dos mesmos no fim de sua vida útil, significando uma grande exploração dos recursos madeireiros principalmente das florestas nativas. Desta maneira, Oliveira (2015) defende que o modelo de desenvolvimento e exploração de matéria prima ainda não é sustentável no longo prazo.

De acordo com o IBAMA (2002), a indústria brasileira produziu 166.310 milhões de m³ de madeira de reflorestamento ou nativa no ano de 2000, estimando-se que pelo menos a metade desse volume, cerca de 80 milhões de m³ de madeira foi transformada em resíduo.

Apesar de haver esforços para a reciclagem das sobras, tanto do setor industrial, como o meio urbano, a disponibilização dos resíduos sem uma destinação adequada gera graves problemas ambientais como o assoreamento e poluição dos rios, poluição do ar devido à queima para eliminação dos mesmos, utilização de áreas para o armazenamento deste material que poderiam ser destinadas para outros fins, e o desperdício da matéria prima que entra na indústria.

Segundo Tuoto (2009), apesar do enorme volume de resíduos de madeira gerados anualmente no Brasil, uma parcela muito pequena tem aproveitamento econômico, social e/ou ambiental. Enquanto que o restante da parcela é abandonado ou queimado, causando além de inúmeros danos ambientais, perdas econômicas significativas.

2. RESÍDUOS

2.1. ORIGEM E RESÍDUOS DA MADEIRA

Segundo Teixeira (2005), a madeira é um material orgânico de origem vegetal que está presente na terra desde o período carbonífero e em grande extensão. A madeira é considerada um recurso renovável em contínua formação, dependente de boas condições naturais para sua existência. As árvores, seres vivos que fornecem a madeira, estão divididas em duas classes de diferentes características de madeira. Podemos ver na tabela 01 as características destas subdivisões com exemplos.

Tabela 01 – Subdivisão das árvores.

FAMÍLIA	DESCRIÇÃO	EXEMPLO
GINNOSPERMAS	Árvores típicas do clima frio formando grandes florestas no hemisfério Norte, com algumas espécies tropicais e existentes desde o período carbonífero. Tem a copa de folhas em forma de cone, daí serem conhecidas também como coníferas. Sua madeira é mole e macia e têm grande importância comercial	PINUS, ARAUCÁRIA, CIPESTRÉ, SEQUOIA.
ANGIOSPERMAS	São de evolução mais recente que as gimnospermas, desde o cretáceo e se dividem em dois subgrupos:	
	<p>MONOCOTILEDÔNEAS: São as palmas e as gramíneas. As palmas têm tronco de baixa duração e baixa resistência mecânica, apresentando difícil processamento. As gramíneas têm fibras duras e compactas que podem ter grande resistência mecânica como o bambu.</p> <p>DICOTILEDÔNEAS: São as árvores comuns, chamadas também como folhosas, presentes em todo o globo terrestre principalmente nos trópicos. São chamadas de madeiras duras, que tem grande resistência mecânica e portanto grande valor comercial e cuja copa de folhas se espalha de forma não ordenada.</p>	<p>PALMAS: CÓCO, DENDÊ, CARNAUBA.</p> <p>GRAMÍNEAS: BAMBU</p> <p>EUCALÍPTO, CEDRO, MOGNO, IPÊ, PEROBA, PAU D'ÁRCO, JACARANDÁ.</p>

Fonte: Teixeira (2005).

Segundo Tuoto (2009), no Brasil são gerados milhões de toneladas anualmente de resíduos de madeira advindas de diversas fontes, sendo as principais: a indústria madeireira, construção civil e o meio urbano (poda de arborização, embalagens, entre outros). A tabela 02 abaixo mostra a estimativa de quantidade de resíduos de madeira gerado no Brasil anualmente.

Tabela 02 – Estimativa de quantidade de resíduos de madeira gerado no Brasil anualmente.

Fonte Geraado	Resíduos de Madeira (1.000 t/ano)	%
Indústria Madeireira	27.750	90,7
Construção Civil	923	3,0
Meio Urbano (pode de árvore urbana)	1.930	6,3

Na maioria dos casos, os resíduos de madeira não podem ser evitados. Na realidade, o principal problema por trás da geração dos resíduos de madeira é o desperdício de matéria prima (madeira) associada ao seu manejo e disposição, muitas vezes, inadequados. No fluxograma 01 descrevemos gradativamente o processo de desenvolvimento desde a tora até o consumo final da madeira, sendo de suma importância ao conhecimento.

Fonte: Portal resíduos sólidos.

3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

A composição química da madeira é constituída por dois tipos de compostos: os componentes estruturais e os componentes não estruturais. Nos componentes estruturais incluem-se a celulose, as hemiceluloses e a lignina, que são macromoléculas responsáveis pelas propriedades mecânicas da madeira. A composição química da madeira oscila percentualmente entre 40 a 50 de celulose, 20 a 30 de hemiceluloses e 20 a 35 de lignina. Quanto aos componentes não estruturais são constituídos por substâncias com massa molecular baixa ou média, do tipo orgânico ou inorgânico, vulgarmente denominados por extrativos e cinzas. Quimicamente a madeira pode conter extrativos numa percentagem que varia entre 0 e 10.

- Celulose: É o constituinte mais abundante nos vegetais, representando cerca de 40% da massa de madeira seca. Nos vegetais superiores aparece, principalmente, sob forma de fibras. A origem química da celulose é baseada na glicose, que correspondem a um monossacarídeo com seis átomos carbonos (hexose) na sua estrutura, onde ocorrem cinco grupos hidroxílicos alcoólicos e um grupo aldeídico (aldose). O grau de polimerização da celulose varia, principalmente, em função da matéria prima, do método de isolamento etc. É comum considerar a sua variação entre 5.000 e 10.000.

- Lignina: É um composto de alto peso molecular formado pelos mesmos elementos químicos da celulose que age como uma matriz de resina ou adesivo que une as fibras de celulose entre si, dando-lhes dureza e resistência. A lignina pode ser amolecida por aquecimento até uma temperatura próxima a 100°C. Para o aquecimento, o melhor é usar vapor de água, que dá flexibilidade à madeira.

- Hemicelulose: As hemiceluloses representam cerca de 25% da composição de matéria seca da madeira. São compostas de cadeias mais curtas que as celulosas, formam a fracção da madeira denominada holocelulose.

Essa classe de moléculas diferencia-se da celulose, principalmente, porque elas são solúveis em soluções alcalinas diluídas, hidrolisam-se pela ação de ácidos diluídos a quente, produzindo outros monossacarídeos além da glicose, por possuírem baixo grau de polimerização e, conseqüentemente, pequeno peso molecular.

3.1.CARACTERÍSTICAS FÍSICA

Higroscopicidade – Capacidade da madeira para absorver umidade da atmosfera envolvente (entumescimento) e de perder por evaporação (retração).

Flexibilidade – Capacidade da madeira para flectir por ação de forças exercidas sobre si, sem quebrar.

Durabilidade – Propriedade que mede a resistência temporal da madeira aos agentes prejudiciais, sem putreficar.

Umidade – O teor de umidade da madeira tem uma grande importância, pois influência nas demais propriedades desse material. A umidade considerada normal para a madeira é de 15%, quando ela atinge a estabilidade com a umidade do ar.

Retratilidade – A retratilidade é a perda de volume provocada pela redução da umidade da madeira. É variável conforme o sentido das fibras. Para amenizar os efeitos da retratilidade, recomenda-se além da secagem adequada, a impermeabilização superficial, pintura ou envernizamento.

Massa específica – A massa específica real da madeira é constante em todas as espécies, e é igual a 1,5 g/cm³. Já a massa específica aparente varia de espécie para espécie, e até mesmo numa mesma árvore. A massa específica da madeira pode variar de acordo com a sua localização no tronco e com teor de umidade.

Dilatação térmica – A dilatação térmica que a madeira experimenta é alterada pela retratilidade contrária, devido à perda de umidade que acompanha o aumento da temperatura.

Condutibilidade elétrica – Quando a madeira esta bem seca, ela é praticamente um isolante. Quando tem um determinado grau de umidade, a resistividade elétrica depende da espécie, da massa específica e da direção.

Dureza – A dureza é a resistência que a madeira oferece à penetração de outro corpo. Trata-se de uma característica importante em termo de trabalhabilidade, e na sua utilização para determinados fins. Os diversos tipos de madeira apresentam variados graus de dureza. As madeiras de lei apresentam dureza alta, pois provêm de árvores mais longevas, com o cerne bastante desenvolvido.

4.DESTINAÇÃO E APLICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE MADEIRA

Segundo a resolução do Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 307 considera os geradores de resíduos da Construção Civil responsável pelo seu destino. Eles deverão ter como objetivo primordial a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, reutilização, reciclagem e destinação final.

Os Estados e municípios estão elaborando suas políticas de gestão de resíduos, nas quais está prevista a implantação de ATTs - Áreas de Transbordo e Triagem, para onde deverão ser encaminhados os resíduos da construção civil, entre eles os de madeira, para que possam ser segregados, reutilizados, reciclados ou tenham a correta destinação.

Segundo Tuoto 2009, mesmo tendo hoje um grande avanço da tecnologia, a grande maioria das indústrias madeireiras, não as tem incorporado em relação aos resíduos de madeiras. O limitado nível tecnológico aplicado pelas indústrias madeireiras no Brasil é, sem dúvida, um dos principais aspectos que contribuem para o baixo aproveitamento de matéria prima (tora) e, conseqüentemente, uma elevada geração de resíduos de madeira. As tecnologias abrangem a seleção desses resíduos com a remoção de contaminantes (pregos, grampos, parafusos, dobradiças, cimento, argamassa, etc.), de maneira simples com a separação magnética, separação densitária, separação em ciclones e solubilizações parciais.

Os usos em potencial para reciclagem dos resíduos de madeira da construção civil nos Estados Unidos são a reutilização, cavacos para combustível, leito para animais, mistura para adubo e novos produtos manufaturados para construção.

Em São Paulo a SINDUSCON-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil indica possíveis soluções de reutilização dos resíduos de madeira que possibilitem a reutilização de peças ou o uso como material combustível em fornos e caldeiras.

O SINDUSCON-MG indica como destinação do resíduo de madeira, empresas receptoras que, em quase sua totalidade, dão como destino a queima para fins energéticos. Outras empresas reutilizam como fôrmas e uma faz o tratamento físico, químico e térmico para disposição final em aterro específico.

O Brasil aparece como o país com maior área mundial de reflorestamento, mas com pequena participação desse material na construção civil e sua reutilização. Nos países industrializados, o uso da madeira como elemento construtivo é elevado, o que, em contra partida, gera o aumento no volume de resíduos desse material. Isso faz com que nesses países os programas de destinação de resíduos de construção e demolição se preocupem com o destino dos resíduos de madeira. Na tabela 03 discrimina os principais usos do resíduo de madeira atualmente no Brasil:

Tabela 03 – Uso tradicional dos resíduos de madeira no Brasil.

USO	RESÍDUO	DESCRIÇÃO
Adubo	Serragem em geral e madeira sólida picada	Usada in natura ou após etapas de compostagem para proteção do solo e como adubo. Inclui a cama de galinha usada.
Cama de galinha	Serragem em geral	Serragem macia para contato com animais. Após o uso, a serragem suja com estrume pode ser usada como adubo.
Carvão e combustíveis	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos.	Processos industriais para produção de carvão, álcool, metanol e gás combustível
Energia elétrica	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos. Briquetes de serragem prensada	Usado como lenha em usinas termelétricas para obtenção de energia elétrica. Há o problema da emissão de poluentes na atmosfera.
Energia térmica	Pontas, tocos, sobras, rejeitos, costaneiras, cascas e galhos. Briquetes de serragem prensada	Queima para obtenção de calor. Usado em fornos de padarias, pizzaria, olarias e em caldeiras industriais. Há o problema da emissão de poluentes na atmosfera.
Extração de óleos e resinas	Serragem em geral.	Extração industrial de óleos e resinas para uso como combustível, resinas plásticas, colas e essências.
Madeira reconstituída	Serragem em geral.	Na fabricação de chapas de madeira reconstituída.

5.REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS COMO A MATRIZ CIMENTO

Segundo Carvalho *et al* (2000) *apud* Santos (2009), inúmeras pesquisas realizadas a base do cimento Portland apontam que a fibra vegetal, no reforço de matrizes à base de cimento, tem se mostrado mais eficaz do que o uso de fibras de aço, de vidro, entre outros como reforço da matriz devido suas polêmicas, seja pelo seu alto custo de produção ou pelos comprovados danos causados ao meio-ambiente. A imagem 01 apresenta as características como potencial das fibras vegetais.

Figura 01: Características como potencial das fibras vegetais.

Fonte: Autores

As misturas madeira-cimento podem ser moldadas em fôrma sem sofrer pressão ou através da prensagem, podendo ser combinada ou não com a extrusão. Com relação a umidade, as partículas vegetais são altamente higroscópicas, sendo necessário molhá-las para que não absorvam a água do amassamento do cimento. Por outro lado, com a relação à cura, não são necessários maiores cuidados com relação à perda d'água, uma vez que as partículas vegetais funcionam como reservatório, que libera a água na medida em que a matriz vai secando.

Sobre a compatibilidade da madeira com o cimento, dependendo da espécie, possui maior ou menor quantidade de carboidratos, glucosídeos, e componentes fenólicos que retardam a pega do cimento, podendo inclusive inibi-la. Outro aspecto a ser levado em consideração é a alta alcalinidade do cimento dissolvido na água, diminui a resistência da madeira, uma vez que essa é pouco resistente a meios alcalinos.

Um dos maiores problemas na confecção de compósitos a base de cimento-madeira é a adesão entre os compostos, pois esse depende do material vegetal que se está usando. As madeiras provenientes de coníferas são as mais adequadas por apresentarem propriedades compatíveis com o cimento, não causando a inibição de pega e endurecimento. Na Imagem 02 apresenta-se três exemplos sobre aplicações diferenciadas do uso de resíduos de madeira na matriz cimento na construção civil.

Figura 02: Aplicações diferenciadas do uso de resíduos de madeira na matriz cimento na construção civil

Fonte: Autores.

5.1. ESTUDO DE CASO

Neste item será apresentado um estudo de caso com tijolos de solo-cimento com adição de serragem de madeira como reforço. O resíduo de madeira utilizado foi extraído de peças de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*, utilizados nas proporções de 0,5%, 1%, 2% e 3% da massa total de solo-cimento. O objetivo foi determinar a resistência do tijolo em características do solo e da dosagem de resíduo.

A caracterização do resíduo de madeira foi feita através do peneiramento da serragem, utilizando-se o resíduo retido entre as peneiras #4 (4,75 mm) e #10 (2,0 mm). Com vista à impermeabilização do material, o resíduo foi imerso por 20 minutos em uma solução de Sulfato de alumínio $[Al_2(SO_4)_3]$ e água (1% de Sulfato em relação à água utilizada), tendo o material, após esse banho, passando por um processo de secagem em estufa a 60°C.

A quantidade de água acrescentada à mistura solo-cimento-resíduos foi obtida no ensaio de compactação Proctor Normal para mistura solo-cimento, onde o teor de umidade ótimo foi o parâmetro de dosagem. A percentagem de cimento utilizada foi a de valores utilizados na prática, tendo sido usado 10% de cimento em relação à massa de solo seco para o solo-cimento, e em relação à soma do solo seco e da massa de resíduo para o solo-cimento-resíduo de madeira. A percentagem de resíduo foi determinada em relação à massa de solo seco.

A homogeneização dos materiais, para moldagem dos corpos-de-prova, foi feita na sequência: solo, cimento, resíduo de madeira e por último a água. Segundo o autor, essa sequência facilita o processo de mistura, pois se a água for colocada antes da madeira (como é feito com misturas que usam fibras vegetais), as partículas finas do solo fazem com que ele fique mais plástico e dificulta a posterior homogeneização com o resíduo de madeira. Foram utilizados quatro teores de RMCC: 1,5%, 3%, 5% e 6,5%, medidos em relação à massa aparente seca do solo. A relação de quantidade entre o solo, o cimento e o RMCC, na proporção para 1kg de solo, pode ser visualizada na Imagem 03.

Figura 03: Relação entre a quantidade de RMCC, solo e cimento.

Fonte: Santos (2009).

6.CONCLUSÃO

Conclui-se que a madeira é a matéria prima mais utilizada e popularizada nos campos tecnológicos, devido o material ser de origem natural, o mesmo retorna a seu ciclo natural.

Ao longo, dos anos a madeira ainda vem sendo bastante empregada em diversos modos como na construção, revestimentos e etc., tornando-a de muita estima à humanidade. A indústria da madeira vista de maneira global, utilizou seu recurso de forma demasiada, especialmente, as florestas nativas, tanto na aquisição quanto no descarte. De acordo com o IBAMA (2002), houve a produção de cerca de 166,310 milhões de m³ de madeira de reflorestamento ou nativa no ano de 2000, em que aproximadamente metade do volume, cerca de 80 milhões de m³ se tornou resíduo.

A madeira é um material orgânico e vegetal presente desde o período carbonífero. Em larga escala, considerada um recurso renovável em seguinte formação, depende de condições naturais boas para existir. No Brasil, são produzidos milhões de toneladas anuais de resíduo de madeira, provenientes de varias fontes como indústria madeireira e construção civil, sendo assim, a síntese do resíduo não pode ser impedida, em que o desperdício de matéria prima é o principal fator dessa problemática.

A madeira em sua característica química possui três componentes principais, celulose, hemicelulose e a lignina. As principais características físicas são higroscopicidade, flexibilidade, durabilidade, umidade, retratilidade, massa específica, dilatação térmica, condutibilidade elétrica e dureza que por sua vez são responsáveis por determinar a sua resistência, as intemperies permitindo um conhecimento mais apurado do resíduo determinado a melhor destinação de aplicação.

Segundo a CONAMA, considera os geradores de resíduos da construção civil encarregados do seu destino, tendo como objetivo a sua não produção e por consequência a redução, reutilização, reciclagem e destino final. Portanto, há a utilização dos resíduos da madeira na produção de matriz de cimento tem se mostrado positivo devido o uso da fibra vegetal ao invés de fibra de aço e vidro por exemplo. A compatibilidade da madeira é submetida a espécie, pois depende da quantidade de carboidratos, glicosídeos e componentes fenilicos em que diminuem a pega do cimento podendo até extingui-la, e a alta alcalinidade do cimento dissolvido em agua retarda a resistência da madeira, pois é pouco resistente, gerando problemas na produção de compósitos a base de cimento- madeira como adesão entre os mesmos, dependendo do material vegetal utilizado.

E assim, usou-se um estudo de caso com tijolos de solo-cimento para melhorar a comprovação da utilização do resíduo de madeira na resistência do tijolo em características do solo e dosagem de resíduo.

REFERÊNCIAS

- [1] Tuoto, Marco: Levantamento sobre a geração de resíduos provenientes da atividade madeireira e proposição de diretrizes para políticas, normas e conduta técnicas para promover o seu uso adequado. 2009, Curitiba; Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio as Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental.
- [2] Santos, Maximiliano: Fabricação de solo-cimento com adição de resíduos de madeira provenientes da construção civil. 2009, Belo Horizonte; Universidade Federal de Minas Gerais- Programa de Pós-Graduação em construção civil.
- [3] Oliveira, Bárbara: Uso de resíduos de construção e demolição em argamassa para revestimento de alvenaria. 2015, Rio de Janeiro; Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [4] Teixeira, Marcelo: Aplicação de conceito da ecologia industrial para produção de materiais ecológicos: O exemplo do resíduo de madeira. 2005, Salvador; Universidade Federal da Bahia.
- [5] Madeidura: Características da Madeira. 2010, Valorização madeira – Ida.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Subdivisão das árvores. 5

Tabela 02 – Estimativa de quantidade de resíduos de madeira gerado no Brasil anualmente. 5

Tabela 03 – Uso tradicional dos resíduos de madeira no Brasil.9

Capítulo 5

Perspectivas da preservação de madeira: Produtos e processos

Junilha Lopes Trigueiro

Fernando José Borges Gomes

Edva Oliveira Brito

Rafael Eloy de Souza

Resumo: A madeira é um material renovável e que apresenta diversas vantagens comparado a outros materiais de origem não-vegetal, como o aço. Os processos de industrialização de produtos madeireiros são menos enérgicos, mais simples e seus resíduos podem ser amplamente utilizados. No entanto, por ser um material orgânico, a madeira está suscetível à degradação e o sucesso do seu uso implica na execução de tratamentos químicos com produtos preservativos que incrementem sua viabilidade natural. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi de fazer uma revisão de literatura dos principais preservativos químicos encontrados atualmente no mercado, dos processos envolvendo os preservativos e das tendências do mercado de preservantes de madeira. O CCA, um preservante hidrossolúvel, é o mais usado atualmente para tratamento da madeira, sendo a autoclave o método mais eficiente para aplicação do preservante. Houve uma preocupação à respeito do CCA por conter arsênio e cromo em sua composição o que poderia gerar prejuízos para o meio ambiente, no entanto, não foram constatados danos às pessoas ou animais devido ao uso do CCA. As principais tendências do mercado de produtos preservantes da madeira são de melhorias dos produtos atualmente utilizados, com enfoque principalmente ambiental, mantendo o produto competitivo no mercado e aperfeiçoando os processos.

Palavras-chave: Tratamento; CCA; Tendências.

1. INTRODUÇÃO

A madeira, por ser um material de natureza orgânica, está sujeita a degradação e decomposição. Os agentes físicos, químicos e biológicos, atuando em conjunto ou, separadamente, na madeira, aceleram seu processo de deterioração (Silva 2007).

O tempo de vida útil da madeira dependerá fundamentalmente da interação entre as características da própria madeira e das condições locais onde a madeira será utilizada. A preservação de madeiras pode ser entendida como a adoção de técnicas, objetivando a proteção da madeira contra a ação de agentes físicos, químicos e biológicos. Quando se fala em preservação da madeira entram em cena três elementos importantes, que devem estar perfeitamente sintonizados: as propriedades da madeira, a natureza do produto e o método de aplicação utilizado. Preservar a madeira é, portanto, assegurar que ela tenha resistência que ela não teria naturalmente, tornando-a tão duradoura quanto possível (Silva 2007).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi o de realizar uma revisão de literatura sobre os principais produtos preservantes da madeira comercializados, bem como sobre as novas tendências de produtos ou processos de preservação da madeira.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. PRODUTOS PRESERVANTES DA MADEIRA

Composto preservativo de madeira é toda e qualquer substância química capaz de provocar o envenenamento dos nutrientes celulares da madeira, tornando-a resistente ao ataque e desenvolvimento de organismos xilófagos (Florian 2011).

Entre as propriedades que os preservativos de madeira devem apresentar estão:

(1) ser tóxico a um grande número de organismos xilófagos; (2) ter baixa toxidez aos organismos não xilófagos; (3) possuir ação duradoura; (4) possuir alta fixação na madeira; (5) não alterar as características da madeira; (6) não provocar alterações nos materiais que estejam em contato com a madeira; (7) ser incolor, inodoro e insípido; (8) não ser inflamável e; (9) econômico e de fácil obtenção no mercado (Florian 2011).

Difícilmente encontraremos um preservativo que reúna todas estas características, entretanto dependendo do tipo de material a ser tratado somente algumas destas características serão necessárias (Florian 2011).

Segundo Moreschi (2013), um dos problemas importantes, existente na área de preservação de madeiras, é a constante corrida para o desenvolvimento de novos produtos.

Em consequência da limitação imposta para o uso e comercialização de vários princípios ativos para o tratamento da madeira, a melhor alternativa das indústrias foi a de substituir produtos reconhecidos há décadas como eficazes por outros produtos. Contudo, um bom número dos ingredientes usados como alternativos são menos eficazes, levando-se em conta a sua toxicidade aos organismos xilófagos e/ ou a sua permanência na madeira (Moreschi 2013).

O desenvolvimento de produtos alternativos para o tratamento de madeiras é de vital importância para o setor madeireiro, mas ao contrário do que a prática nos tem mostrado, com as limitações atuais os benefícios pretendidos normalmente não são obtidos em sua plenitude. Para que isto aconteça, será necessário que, além da proteção dada à madeira de forma economicamente viável, a nocividade ao homem seja minimizada ou, se possível, eliminada (Moreschi 2013).

Apesar dos possíveis riscos no manuseio e uso de biocidas, a preservação química ainda é a forma mais usual na prevenção do ataque biológico. Os métodos mais eficientes para aplicação do preservante na madeira incluem o uso de pressão superior a do ambiente (autoclave) como auxiliar da impregnação, resultando em melhor distribuição e penetração do preservante na peça tratada (Jankowsky *et al.* 2002).

2.2. PRINCIPAIS PRESERVANTES NO MERCADO

Os principais preservantes para evitar a degradação biológica da madeira são o creosoto, o arseniato de cobre cromatado (CCA) e o borato de cobre cromatado (CCB), sendo o primeiro classificado como oleossolúvel e os dois últimos como hidrossolúveis (Jankowsky *et al.* 2002).

O creosoto é considerado o mais antigo preservativo de madeiras, apresentando excelentes propriedades de toxidez a fungos, cupins e à maioria dos perfuradores marinhos. É insolúvel em água, de baixo custo, não se fixando na madeira por reações químicas, apenas aderindo às paredes celulares ou se depositando no lúmen das células (Silva 2007).

Apesar das vantagens já mencionadas, o creosoto tem apresentado o problema de exsudação, que é o excesso de produto na superfície da madeira tratada. Tal característica tem causado irritação na pele das pessoas que manuseiam as peças tratadas. É muito utilizado na preservação de postes, dormentes, moirões e outras peças estruturais, onde não houver contato direto com pessoas e animais e não houver necessidade de acabamento; independente do processo de tratamento, o produto é aplicado a quente, numa temperatura de 90°C (Silva 2007). A tendência do mercado tem sido a substituição do uso do creosoto por compostos hidrossolúveis.

O CCA é o preservativo hidrossolúvel mais utilizado em todo o mundo, com uma tradição de uso que remonta há mais de setenta anos. Quando aplicado à madeira, em tratamento sob pressão, o cromo provoca a precipitação de grande quantidade de cobre e arsênio e reage com a madeira, tornando os produtos praticamente insolúveis. A reação de fixação desencadeada pelo cromo confere ao arsênio ação inseticida, e o cobre, atua como agente fungicida, totalmente aderido às estruturas celulares (Silva 2006).

Dentre todos os processos e produtos utilizados até o momento, considera-se como mais efetivo o tratamento da madeira com a impregnação pressurizada, por meio da técnica de célula cheia, utilizando o sal preservante CCA. A madeira preservada por meios pressurizados com CCA tem sido descritas como uma opção ecologicamente responsável para elementos de construção; quando processada corretamente e utilizada de acordo com as recomendações técnicas, as peças tratadas são limpas, inodoras e seguras para serem utilizadas numa ampla variedade de aplicações (Silva 2006).

Por apresentar arsênio e cromo na sua composição, o uso do CCA tem gerado questionamentos e dúvidas, por acarretarem certos perigos para o meio ambiente. Esta preocupação é procedente e está relacionada à conhecida toxicidade que possuem. O cromo é classificado como um metal pesado, e o arsênio um semi-metal, podem ser tóxicos ao meio antrópico se expostos a elevada concentração e por longos períodos de tempo. O foco da discussão está na possível dispersão do arsênio para o ambiente pela madeira, antes da completa fixação dos ingredientes ativos, pela inevitável emissão em serviço e, mais recentemente, pela disposição dos resíduos. A imprensa americana tem levantado contínuos questionamentos sobre o uso dos sais de CCA na madeira tratada, principalmente devido à presença do arsênio. Manifestações públicas e regulamentações têm restringido o uso de CCA em vários países como Japão, Indonésia, Suécia, Dinamarca e Alemanha (Silva 2006). Contudo, não foram encontrados relatos na literatura que indiquem que as madeiras tratadas com o CCA ofereçam riscos a saúde do homem.

Já o preservativo CCB é um produto alternativo ao CCA, tendo como diferença a utilização do elemento boro em substituição do arsênio. Afora a diferença na composição do produto, com o uso do CCB há uma sensível perda na resistência da lixiviação, especialmente para madeiras expostas ao tempo, e em contato direto com a água ou solo úmido, por períodos de tempo prolongados. Contudo em situações onde não ocorram fatores favoráveis a uma lixiviação rápida do produto, é considerado efetivo (Moreschi 2013).

2.3. TENDÊNCIAS DOS PRODUTOS PRESERVANTES DE MADEIRA

Segundo Brazolin *et al.* (2003) conforme citado por Romagnano & Brazolin (2002), delineiam-se no cenário mundial da preservação de madeiras que a pressão ambiental sobre o setor é baseada somente em possíveis efeitos, já que as evidências publicadas indicam que os produtos preservativos não causam problemas à saúde ou ao meio ambiente quando utilizados de acordo com os procedimentos técnicos e industriais normalizados. Com relação à emissão de contaminantes provenientes dos produtos preservativos hidrossolúveis ou oleosos, a maioria dos estudos de impacto biológico não detectou emissões significativas ou estas foram confinadas às áreas de proximidade da madeira tratada.

Portanto, medidas preventivas de melhoria dos produtos preservativos, dos processos de tratamento, manuseio e práticas construtivas podem minimizar ainda mais a emissão desses produtos. O segmento de preservação de madeiras deve continuar buscando soluções e oportunidades para estimular o uso da madeira tratada, adotando práticas de melhoria contínua dos seus produtos e processos, com gerenciamento de seus resíduos e alternativas de disposição final (Brazolin *et al.* 2003).

Métodos alternativos visando ao aumento da resistência da madeira a organismos xilófagos também são pesquisados (Vidal *et al.* 2015). Segundo Vidal *et al.* (2015) citado por Hill (2009), nos países nórdicos europeus, muitos estudos estão sendo conduzidos em direção à modificação física e química da madeira. No exemplo de modificação física, a termorretificação ou o tratamento térmico da madeira tem sido mais pesquisado; na modificação química, as pesquisas são realizadas a partir da acetilação ou da furfurilação, não existindo estudos sobre a toxicidade e confiabilidade destes produtos e processos (Vidal *et al.* 2015). Nesse sentido, a tendência é de mais estudos nessa área a fim de obter novos avanços.

3. CONCLUSÃO

Portanto, as tendências do mercado serão de otimizar os produtos e processos atualmente mais usados sem que perca sua competitividade. O preservante mais utilizado é o CCA, apesar da hipótese de trazer danos ao meio ambiente e o melhor processo de tratamento é o uso de pressão superior a do ambiente (autoclave).

REFERÊNCIAS

- [1] Brazolin, S.; Romagnano, L.F.T.; Silva, G.A. Madeira preservada no ambiente construído: cenário atual e tendências. III ENECS - Encontro Nacional Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. 2003.
- [2] Florian, A. Preservativos de madeira e suas características. Revista da Madeira. Brasília. 127 ed. 2011. Disponível: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1527&subject=P. Acessado em 02 set 2018. Jankowsky, I.P.; Barillari, C.T.; Freitas, V.P. Preservação. Revista da
- [3] Madeira. 68 ed. 2002. Disponível: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=264&subject=Pres. Acessado em 02 set 2018.
- [4] Moreschi, J.C. Biodegradação e preservação da madeira. 4 ed. Paraná: 2013. 51 p. 2 vol. Disponível:
- [5] [Http://Www.Madeira.Ufpr.Br/Disciplinasmoreschi/Preservativos%20de%20madeira.pdf](http://Www.Madeira.Ufpr.Br/Disciplinasmoreschi/Preservativos%20de%20madeira.pdf). Acesso em 02 set 2018.
- [6] Silva, J.C. Madeira preservada e seus conceitos. Revista da Madeira. Viçosa: UFV. 103 ed. 2007. Disponível: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1061&subject=Preservativos&title=Madeira. Acessado em 02 set 2018.
- [7] Silva, J.C. Madeira preservada – Os impactos ambientais. Revista da Madeira. Viçosa: UFV. 100 ed. 2006. Disponível: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=985&subject. Acessado em 02 set 2018. Vidal, M.J.; Evangelista, W.V.; Silva, J.C.; Jankowsky, I.P. Preservação
- [8] de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. Ciência Florestal. 1 ed. Santa Maria: 2015. 268 p. 25 vol. Disponível: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/17484/pdf>. Acessado em 07 set 2018.

Capítulo 6

Análise estrutural dos Fragmentos Florestais Amazônicos como auxílio à formação de corredores ecológicos na Bacia do Rio Benfica – PA

Luiz Rodolfo Reis Costa

Elizabeth do Rosário Lebrege Ramos

Alexandre Campelo de Carvalho

Enilson da Silva Sousa

Thais Gleice Martins Braga

Resumo: O uso inadequado de recursos naturais e do solo, principalmente florestas tropicais vem diminuindo inúmeras áreas de grande interesse biológico. As bacias hidrográficas podem ser unidades de estudo e planejamento mantendo uma importância socioeconômica e ambiental para o ecossistema. A fragmentação pode ser considerada uma ameaça para a diversidade biológica do planeta. Neste contexto o presente estudo consiste em analisar a métrica e a estrutura dos fragmentos vegetativos da bacia hidrográfica do rio Benfica na Região Metropolitana de Belém/PA com biodiversidade da área de estudo. A delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, foi efetuada a partir de técnicas de modelagem hidrológica, utilizando-se o software ArcGis 10.5. O número de fragmentos existentes na área foi relacionado à classe de tamanho às quais pertencem: muito pequenos (<5 ha), pequenos (5-10 ha), médios (10-100 ha) e grandes (>100 ha). Esse número corresponde a uma área de 4541,01ha de remanescentes florestais, significando que, da área total da bacia (134.000 ha). Pode-se concluir que os fragmentos vegetativos nessa área são representados, em sua grande maioria, por fragmentos menores que 5 ha, indicando um alto grau de fragmentação florestal e de urbanização. Assim, obtêm-se subsídios para o planejamento de ações públicas para a criação de unidades de conservação e corredores ecológicos.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda de recursos naturais e o descontrole do seu uso, tem afetado a biodiversidade terrestre. Resultando em modificações na formação e desenvolvimento da fauna e flora. Os fragmentos florestais podem ser considerados locais isolados, mas ainda sim com presença de diversidade, circundados por outros tipos de uso da terra, no entanto, nem sempre esses fragmentos possuem a diversidade necessária para a sua manutenção e existência.

Segundo Cruz et al. (2018) o aumento da fragmentação pode ser considerado uma ameaça para a diversidade biológica do planeta, a qual consiste na modificação do ambiente, seja ela interrompida por barreiras antrópicas, estando ligado ao potencial econômico da região o qual acaba viabilizando a intensificação da diminuição das manchas vegetativas. A Geração de uma paisagem em formato de mosaico provoca a diminuindo de áreas contínuas, formando mais fragmentos ou diminuindo os já existentes ao longo de uma unidade ambiental, resultando em distintas regiões com a presença de aspectos físico-ambientais desequilibradas.

A avaliação estrutural da paisagem através das análises métricas é considerada um método eficaz, pois permite averiguar os padrões de fragmentação, como base para estudos que visam quantificar e qualificar a mesma por meio da Ecologia de Paisagem, considerando o tamanho dos fragmentos, a forma e o grau de isolamento (Metzger, 2001). Essa análise auxilia na construção de estratégias para a diminuição dessa fragmentação da vegetação, como a criação de corredores ecológicos, que consiste em uma tentativa de desfragmentação da paisagem, permitindo assim a interação dos indivíduos, nutrientes e energia entre habitats isolados (Anderson; Jenkins, 2007).

A diminuição da fragmentação auxilia na manutenção da qualidade da água de bacias hidrográficas, Segundo Souza et al. (2014) o aumento do uso e ocupação do solo devido a ações antrópicas até mesmo naturais vem mostrando o crescente prejuízo devido ao grande mosaico construído em cima dos cursos d'água alterando de forma significativa os parâmetros de qualidade. Randhir e Ekness (2013) destacam as zonas ripárias como altamente sensíveis a mudanças ocorridas no meio devendo sempre haver planejamentos de manutenção de seus cursos, preservando uma melhor qualidade de água. Teixeira et al. (2018) estudou a fragmentação da paisagem como parâmetro para a manutenção dos recursos hídricos em um determinado ecossistema.

Neste sentido o objetivo deste trabalho consiste em analisar por meio de métricas de paisagem, os fragmentos de vegetação arbórea da bacia hidrográfica do rio Benfica na Região Metropolitana de Belém/PA, como auxílio para construção de corredores ecológicos, sob a ótica da conservação da biodiversidade local.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Benfica está localizada na Região Metropolitana de Belém/ PA (RMB) sobre as coordenadas de 17°30' S e 1° 25' 0" S de Latitude e 48° 22' 30" W e 48°15' 0" W de Longitude, possui uma área de 134 km². A extensão do seu rio principal abrange aproximadamente 19 km, desde as proximidades da área urbana de Benevides, onde se encontra a sua nascente, até sua foz no complexo hidrográfico (Figura 1).

A foz deságua em uma malha hídrica que pertence ao "Furo do Maguari", que constitui um conjunto de águas insulares que fazem parte da Baía do Guajará e do sistema estuarino da foz do Rio Amazonas (Paungarten; Bordalo; Lima, 2016). Segundo Roy et. al. (2013). Os estuários funcionam como ambiente de transição fluvial e marinha, movimentando uma quantidade elevada de sedimentos e com regime de vazões que sofre influência das máres.

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica

Fonte : Os autores (2018)

O Rio Benfica está localizado no nordeste do estado do Pará, abrangendo quatro municípios da Região Metropolitana de Belém, são eles: Belém, Ananindeua, Marituba e Benevides, a sua maior parte da bacia se encontra no município de Benevides, ocupando uma área de 66,52 km², ou seja, 49% de sua área total (Paungartten, 2015).

O clima da Bacia do Rio Benfica é úmido, com precipitação pluviométrica superior a 2000 mm por ano, possui temperaturas máximas variando de 31º a 33º e temperaturas mínimas em torno de 22º a 23º refletindo o predomínio de altas temperaturas e com pouca variação durante todo o ano (Paungartten; Bordalo; Lima, 2016).

A vegetação Secundária se apresenta de forma expressiva ao longo da bacia, aonde podemos caracterizar a retirada de praticamente toda floresta primária para um determinado fim de utilização, seja nas atividades de implantação agrícola como também na utilização de produção de bens de consumo: pão, carvão e na confecção de produtos de cerâmica (Paungartten; Bordalo; Lima, 2016).

O solo da região é constituído por terrenos terciários formadores de barreiras, sua composição é formada por arenitos grosseiros e finos, argilitos e caulinitos, siltitos e por sedimentos do quartenário, sendo apresentados por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas que ocorrem nas faixas estreitas e descontínuas, por meio dos cursos d'água (CPRM, 2008). As coberturas são associadas de Latossolo Amarelo, Plintossolo Pétrico e Gleissolo Háptico (Santos, 2012).

A partir da variabilidade altimétrica de 2 a 55 metros a bacia do rio Benfica apresenta de forma expressiva um intervalo hipsométrico de 14 a 35 metros representando 40% da superfície, situada em uma cota média de 34 metros (Paungarten; Bordalo; Lima, 2016).

2.2. MATERIAIS UTILIZADOS

- ArcGis Desktop (versão 10.5) (Esri, 2017) usado para edição de dados vetoriais e matriciais. Foi utilizado para a classificação não supervisionada para a confecção do mapa de uso e cobertura da terra, assim como, delimitação da bacia hidrográfica pela ferramenta Hydrology.
- Impact Toolbox (versão 3.8) (Simonetti; Marelli; Eva, 2015) na conversão das imagens brutas que contém valores de radiância (níveis de cinza) para a refletância no topo da atmosfera e a classificação pixel-a-pixel realizada de forma automática e sequencial das imagens RE para inserção posterior na árvore de processos da classificação orientada a objetos;
- Envi (versão 4.5) (Sulsoft, 2017) análise da qualidade da correção geométrica por meio dos pontos de controle e da matriz de confusão.
- Fragstats (versão 4.2) (Mcgarigal; Cushman; Ene, 2012) foi utilizado para quantificar em termos relativos à conectividade dos fragmentos espaciais a partir da paisagem analisada. Patch

analyst (versão 5.2) (Elkie; Rempel; Carr, 1999) utilizado para descrição quantitativa das estruturas das classes temáticas abordadas tendo-se referenciado base à paisagem da bacia do rio Benfica.

Como base cartográfica foram usados a base hidrográfica em formato vetorial na escala 1:100.000, cedidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do exército (DSG), Divisão Político-Administrativa do Pará, (IBGE, 2014), Mapas de Solos e de clima do estado do Pará (IBGE, 2014). Foram utilizados como dados matriciais as imagens Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), baixadas diretamente do site da Topodata (INPE, 2018), cujo código da carta imagem utilizada é 01S495 e Landsat-8 sensor OLI baixada do site da USGS Explore (2018), compreendendo como informações a data de aquisição 07-junho-2018, órbita: 223 e ponto: 61.

2.3. MÉTODOS

Segue abaixo o fluxograma das atividades realizadas para análise métrica da paisagem em questão:

Figura 2- Fluxograma do processamento das atividades

Fonte : Os autores (2018)

O arquivo SRTM é entregue com projeção/Datum arbitrária, sem referência espacial. Definimos a projeção para GCS_WGS1984 e logo em seguida Reprojeteamos o DEM com referência geográfica para WGS 1984 UTM Zone 22S (esta é a projeção plana da região Metropolitana de Belém-PA, área de estudo).

A aplicação de conversão radiométrica usando a caixa de ferramenta *copy raster* da imagem SRTM, pois a mesma quando baixada vem na forma de 32 bits Float sendo necessário fazer conversão para Unsigned 16 bits (Andrade et. al., 2018) sendo mais indicado para trabalhar com modelos de elevação porque temos altitudes superiores a 256 metros, o que por si só invalida o uso de dados em 8 bits.

A delimitação da área da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, foi efetuada a partir de técnicas de modelagem hidrológica, utilizando-se a caixa de ferramentas Hydrology (Ribeiro; Johnsson; Martins, 2018), que são algoritmos do Spatial Analyst para análise hidrológica no ArcGIS 10.5 (Esri, 2017) o qual foi utilizado tanto para a extração de uma rede de drenagem quanto para a delimitação da bacia de estudo a partir de um DEM SRTM sendo no final do processo convertida para vetor (Shapefile).

2.3.1. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Foi usado a composição de falsa cor onde foi selecionado a banda 4 no canal azul, a banda 5 no verde e a banda 6 no vermelho, composição R(6)G(5)B(4). Segundo Disperati et al.(2003) a composição das imagens na Pseudo-cor é bastante utilizada no que diz respeito a realizar estudos e avaliações dos recursos ambientais. O ajuste geométrico ou registro das imagens da bacia utilizando os dados vetoriais do IBGE. O ajuste foi realizado por pontos de controle em uma nuvem de 20 pontos no processo (mapa-imagem), em que o mapa foi à referência e a imagem Landsat matriz a ser ajustada.

Consistiu-se na aplicação do realce da imagem Landsat o uso de técnicas de contraste. A operação consiste na seleção da banda a ser realçada aplicando a distribuição da respectiva cor com auxílio do histograma

visualizado durante a operação. O recorte da cena do satélite Landsat com a resolução espacial de 30 m foi realizado usando como máscara o limite da Bacia Hidrográfica do Rio Benfica, para o processo foi usado a função *Extract by Mask* presente no SIG ArcGis 10.5 (Esri, 2017).

2.3.2. CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS

A classificação da imagem de satélite correspondente ao período analisado tem-se como referência base uma composição RGB 4, 5 e 6, respectivamente. A imagem utilizada está situada na estação livre de interferências de nuvens facilitando assim a classificação. A imagem de 2018 foi classificada de forma não supervisionada em 6 classes, sendo então utilizado o algoritmo de mineração de dados K-means (Vale et al., 2018) para a classificação e construção das classes ao logo da imagem analisada, sendo aplicado um processo de validação das classes geradas usando informações secundárias de campo, sendo necessário a alguns pixels dessa imagem classificada a recodificação para outras classes a partir da inspeção.

Por fim, tiveram suas classes de uso e cobertura do solo agrupada, em: Floresta Secundária; Floresta Primária; Áreas Antropizadas; Corpos d'água; Pastagem e Plantio (Reflorestamento + Agricultura).

2.3.3. FRAGMENTOS FLORESTAIS

Como finalidade ao processo de análise dos fragmentos optou-se pela categoria de vegetação secundária, pois segundo Paungarten et al. (2016) na análise evolutiva da região de incidência da bacia detectou que a vegetação primária já havia sido toda remida devido ações antrópicas diretas sobre o meio, hoje tendo apenas uma forte variabilidade sucessional vegetativa determinando uma única classe de estudo, podendo ser verificado a espacialização de componentes vegetativos dentro da bacia do rio Benfica.

2.4. MÉTRICAS DE PAISAGEM ANALISADAS

O estudo de caso da bacia do Rio Benfica foi desenvolvido a partir de um método proposto por Dalph (2014) que analisando em nível de comparação o número de fragmentos existentes na área de estudo relacionada à classe de tamanho às quais pertencem: muito pequenos (<5 ha), pequenos (5-10 ha), médios (10-100 ha) e grandes (>100 ha) levaram-se a um melhor agrupamento e consequentemente melhor visualização das taxas de conservação da biodiversidade existente, proporcionando melhor grau de agregação e formações de corredores ecológicos, assim como, avaliando influências diretas ou indiretas sobre o meio.

. Segundo Braga et al. (2018) a análise da distribuição de classes de tamanho de fragmentos é essencial na definição de estratégias para a conservação da biodiversidade em áreas protegidas.

Na tabela 1 encontram-se as métricas de classe escolhidas com base na sua importância para o entendimento da estrutura dos fragmentos da bacia hidrográfica, analisados pelo software ArcGis 10.5, utilizando-se a extensão Patch Analyst 5.2 (Analisador de Manchas) que foram analisadas para o período estudado denotando maiores detalhes sobre o cálculo, bem como a interpretação de cada métrica.

Em relação às classes temáticas de fragmentos utilizadas na análise foi calculado a conectividade dos fragmentos de cada classe de tamanho gerada utilizando-se o índice de Cohesion disponível no software Fragstats 4.2 (Mcgarigal; Cushman; Ene, 2012) para identificar as classes logo às regiões da bacia que estão mais suscetíveis a formação de corredores ecológicos, podendo assim identificar áreas com ocorrência de mais subdivisão apresentando um maior espaçamento das manchas vegetativas e as área com certo grau de agregação significativo, o índice de COHESION é obtida pela seguinte expressão:

$$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \cdot \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \quad (100) \quad (1)$$

Em que: P_{ij} : perímetro da macha ij em termos de número de superfícies celulares;

i, j : localização das manchas ao longo do espaço analisado;

a_{ij} : área do mancha ij em termos de número de células;

A: número total de células na paisagem.

Análise de coesão mede a conectividade que as manchas podem apresentar em termos de correspondência espacial. A coesão às manchas é sensível à agregação da classe focal aumentando à medida que o tipo de mancha se torna mais, agregada ou agregada em sua distribuição, portanto, mais fisicamente conectado (Gustafson, 1998).

Tabela 1 - Índices estruturais de paisagem gerados a partir do nível de classes junto aos fragmentos vegetativos.

Grupo	Sigla	Métrica	Unidade	Observação
Área	CA	Área da Classe	Hectare (ha)	Somatório das áreas de todas as manchas ou de fragmentos vegetativos presentes na área.
Densidade e Tamanho	MPS	Tamanho médio da Mancha	Hectare (ha)	Soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas
	NUMP	Número de manchas	Adimensional	Número total de manchas na paisagem/classe.
	PSSD	Desvio padrão do tamanho da mancha	Hectare (ha)	Razão da variância do tamanho das manchas.
	PSCoV	Coefficiente de variação do tamanho da mancha	Porcentagem (%)	Desvio padrão do tamanho da mancha dividido pelo tamanho médio da mancha, multiplicado por 100
Borda	TE	Total de bordas	Metro (m)	Extremidade total de todas as manchas, sendo a soma de perímetro de todas as manchas.
	ED	Densidade de borda	m/ha	Quantidade de extremidades relativa à área da paisagem.
Forma	MSI	Índice de forma médio	Adimensional	É igual a um quando todas as manchas forem circulares e aumenta com a crescente irregularidade da forma da mancha.
	AWMSI	Índice de forma de área média ponderada	Adimensional	Difere do MSI, porque manchas maiores terão mais peso que os menores.
	MPFD	Dimensão fractal da mancha média	Adimensional	Os valores se aproximam de um para formas, com perímetros simples e chega a dois quando as formas forem mais complexas.
Proximidade	MNN	Distância média do Vizinho mais próximo	Metros (m)	A distância média do vizinho mais próximo é a média dessas distâncias para classes Individuais no nível de classe e a distância média da classe vizinha mais próxima no nível de paisagem.
Conectividade	COHESION	Coesão	Porcentagem (%)	É igual a 1 menos a soma do perímetro do fragmento (em termos de números de células da superfície) dividido pela soma do perímetro do fragmento vezes a raiz quadrada de sua área (em termos de número de células) para fragmentos correspondentes à mesma classe, dividido por 1 menos 1 sobre a raiz quadrada da área da paisagem (em termos de número de células), multiplicado por 100 para converter para porcentagem. Valores de COHESION próximos de zero indicam que a classe está subdividida e menos conectada fisicamente, enquanto valores próximos de 100% indicam maior agregação e, portanto, menos isolamento dos fragmentos da classe.

Fonte: Adaptado de Pirovani (2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento das áreas de florestas possibilitou contabilizar 11.153 fragmentos de vegetação em toda a área representativa da bacia. Esse número corresponde a uma área de 4541,01ha de remanescentes florestais, significando que, da área total da bacia (134.000ha), 3,39% são fragmentos vegetativos. Essa quantidade reduzida de vegetação demonstra o quanto a área necessita de estudos e ações para a manutenção e conservação da diversidade de espécies animais e vegetais da região, tendo em vista que essa Bacia se encontra em uma área urbanizada.

O mapeamento dos fragmentos demonstrou que o número de manchas (NUMP) é composto em sua maior parte (11.060) por fragmentos muito pequenos (0-5 ha), correspondendo a 99,17% do número total de fragmentos vegetativos encontrados (11.153). Os fragmentos pequenos (5-10 ha) representaram 0,43% do número total de fragmentos, com 48 fragmentos. Segundo Dalfhi (2014), nesses intervalos de classes e comum os fragmentos sofrerem mais com as ações diretas das atividades do entorno, gerando um efeito de borda alto, porém, estes devem ser levados em consideração ao que se refere manutenção das áreas remanescentes, aos quais proporcionam maior probabilidade de conexão entre os fragmentos de grande porte, servindo de áreas de formação de cinturão verde, devendo receber atenções especiais. A classe dos médios (10-100 ha) representou 0,36% do total de fragmentos vegetativos mapeados, com 40 fragmentos.

As classes dos fragmentos grandes (acima de 100 ha) apresentou o menor percentual (0,04%) em relação ao número total de fragmentos vegetativos, com 5 fragmentos. Porém, é importante salientar que esses fragmentos maiores correspondem a 44,2% da área total. A Figura 3 ilustra a distribuição das diferentes classes de tamanho dos fragmentos vegetativos na área de estudo. Os fragmentos muito pequenos e pequenos, em relação à área total das manchas vegetativas, representaram 28,22%, contrastando com o alto número de fragmentos presentes nas referidas classes de tamanho, com 11108 fragmentos. Segundo Dalfhi (2014) e Mendes (2018) os mesmos encontraram em seus trabalhos uma relação inversa existente entre a área de cobertura vegetal e o quantitativo dos fragmentos, levando a uma constatação do nível de antropização provocada por diversas atividades, havendo assim, desmatamento dos fragmentos florestais e suas subtrações de áreas, levando a extinções dos mesmos.

Figura 3 – Estudo de caso da bacia do Rio Benfica, figura 3 (a) espacialização dos fragmentos florestais e figura 3 (b) classes de tamanho dos fragmentos em análise.

Fonte: Os autores (2018)

Fonte: Os autores (2018)

O número de fragmentos e a área (CA) que estes ocupam na maioria das vezes possuem uma associação inversa, ou seja, os grandes fragmentos possuem menor percentual em número (0,04%), mas representam uma parcela maior da área total (2006,53 ha) dos remanescentes florestais mapeados. Os fragmentos da classe Muito Pequena possuem maior percentual de unidades (99,7 %), no entanto a soma de suas áreas representa menor área total (939,28 ha). A análise métrica da paisagem dos fragmentos vegetativos, os índices de ecologia da paisagem para as classes de tamanho e para todos os fragmentos da área encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Quantificação dos índices de ecologia da paisagem para as classes vegetativas da bacia do rio Benfica - PA

Grupo	Índices	Unidade	Classes de Tamanho				
			Muito pequeno (< 5 ha)	Pequeno (5 - 10 ha)	Médio (10-100 ha)	Grande (> 100 ha)	Todos (0,1 a > 100 ha)
Área	CA	Hectare (ha)	939,28	342,58	1252,62	2006,53	4541,01
Densidade e Tamanho	MPS	Hectares (ha)	0,08	7,14	31,32	401,31	0,41
	NUMP	Adimensional	11060	48	40	5	11153
	PSSD	Hectares (ha)	0,33	1,5	23,58	372,2	11,83
	PSCoV	Porcentagem	384,37	20,97	75,32	92,75	2905,98
Borda	TE	Metros (m)	1166080	203093	572688	681216	2623080
	ED	m (ha)	256,8	44,72	126,12	150,01	577,64
Forma	MSI	Adimensional	1,38	4,46	6,98	18,2	1,42
	AWMSI	Adimensional	2,26	4,53	8,43	23,85	13,67
	MPFD	Adimensional	1,71	1,49	1,51	1,55	1,71
Proximidade	MNN	Metros (m)	5730	10747	6882	3156	4336
Conectividade	COHESION	Porcentagem (%)	71,45	88,61	96,47	99,20	97,00

Fonte: Os autores (2018)

A média de tamanho para todos os fragmentos analisados, sem distinção de classes de tamanho, é de 0,41 ha. O desvio padrão (PSSD) do tamanho dos fragmentos correspondente as classes Muito pequeno e Pequeno (0,33 e 1,5 ha) indica baixa variabilidade entre os tamanhos dos fragmentos dessas classes. Já o desvio padrão da classe Médio (23,58 ha) representa variabilidade média entre o tamanho dos fragmentos. Enquanto que da classe Grande (372,2 ha) indica fortes variações entre os tamanhos dos fragmentos correspondentes. O coeficiente de variação (PSCoV) do tamanho dos fragmentos referente a classe Médio (75,32%) indica desproporcionalidade entre todos fragmentos dessa classe com relação ao tamanho médio da classe. O alto valor do coeficiente de variação da classe Muito pequeno (384,37%) significa que existem fragmentos muito acima e/ou muito abaixo do tamanho médio dos fragmentos dessa classe.

De acordo com Forman (1995) os grandes fragmentos são imprescindíveis para continuidade da biodiversidade e de processos ecológicos em grande escala, enquanto que os pequenos remanescentes desempenham papel relevante na paisagem, pois funcionam como elementos de ligação (trampolins) ecológicos, que são tidas por pequenas áreas de habitat dispersas pela matriz. Porém segundo Ranta et al. (1998) a fauna e a flora são mais atingidas negativamente de forma mais intensa nos fragmentos menores (< 100 ha). Segundo Saunders et al. (1991), fragmentos pequenos apresentam risco de não se manterem na área, tal a intensidade do efeito borda a que estão sujeitos.

O tamanho de um fragmento vegetativo influencia diretamente na sobrevivência e dinâmica da fauna e flora de uma região. Pelo fato de fragmentos menores sofrerem mais influência do meio em que está inserido, além de abrigarem populações menores de determinadas espécies, afetando a continuidade das mesmas (Kapos, 1989). O tamanho dos fragmentos faz parte da métrica de área, que por sua vez serve como bases para o cálculo de outras métricas e ainda são usadas em estudos ecológicos, já que a abundância e riqueza de espécies dependem, dentre outras coisas, do tamanho dos fragmentos (Almeida, 2008).

A análise métrica do total de bordas (TE) mostrou valor menor para a classe dos fragmentos pequenos (203.093m), ao contrário dos fragmentos muito pequenos que apresentaram o maior valor total de 1.166.080 m. Já a classe de fragmentos grandes foi constituída do quantitativo total de borda igual a 681.216 m e a classe dos médios 572.688 m. Ao comparar esses valores de borda com sua contribuição em área, percebeu-se maior proporção borda/área nos fragmentos grandes. Segundo Pires et al. (2006), o elevado aumento no total de bordas em um habitat é uma consequência da fragmentação florestal.

Os fragmentos muito pequenos demonstraram maior densidade de bordas (ED) com valor de 256,8 m/ha, seguidos dos fragmentos da classe grande (150,01 m/ha). Os fragmentos médios mediram 126,12 m/ha e os pequenos 44,72 m/ha. A classe de manchas grandes apresentou formato mais regular ($MSI=18,2$), seguido da classe de fragmentos médios com MSI igual a 6,981. Os fragmentos classificados como pequenos e muito pequenos alcançaram índice de forma médio de 4,46 e 1,38, respectivamente. De acordo com os resultados, verifica-se uma razão inversamente proporcional entre a densidade de bordas e a área ocupada por cada classe, indicando menor efeito de borda nos médios e grandes fragmentos, o que pode sugerir uma maior capacidade de conservação na composição de espécies e na estrutura da vegetação, nas manchas em questão (Abdalla; Cruz, 2015).

Segundo Volotão (1998) o efeito de borda é resultado de diferentes intensidades de vento e intensidade e qualidade de iluminação solar, produzindo microclimas e taxas de distúrbio, elevando a quantidade de fragmentação e consequentemente a floresta reduz-se e se torna mais suscetível a intempérie, diminuindo sua diversidade. (Ribeiro et al., 2009; Portela; Santos, 2007; Tabanez; Viana, 2000). A forma dos fragmentos também influencia no grau do impacto do efeito de borda (Farina, 1998). O tamanho e a forma do fragmento estão intrinsecamente ligados à borda, portanto quanto menor a mancha maior será o seu efeito de borda diminuindo a razão interior-margem (Primack; Rodrigues, 2001).

O índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI) para as classes de tamanho dos fragmentos vegetativos são superiores ao observado para o índice de forma médio (MSI), indicando que os fragmentos de maior área têm formas mais irregulares que a média. Essa relação existe porque, para o cálculo do índice de forma médio ponderado pela área (AWMSI), os fragmentos receberam pesos em função de seu tamanho. Os fragmentos vegetativos com forma irregular estão mais propensos a apresentar efeito de borda maior, principalmente aqueles de menor área, principalmente pela sua interação mais intensa com a matriz. Na medida em quem o efeito de borda aumenta ocorre a diminuição da área do centro do fragmento, ocasionando a curto ou longo prazo uma influência na qualidade da estrutura desses ecossistemas (Valente, 2001).

A importância da métrica forma é constatada através da possibilidade de sua utilização para planejamentos regionais, por exemplo, no que diz respeito à formação dos corredores ecológicos, que garantem a conectividade entre os fragmentos vegetativos, permitindo o cruzamento genético, de matéria e a movimentação da fauna (Smaniotto, 2007).

Segundo Borges et al. (2010), a métrica de proximidade das manchas (MNN), indica que esta métrica quantifica a configuração da paisagem e está baseada na distância borda a borda, medindo dessa forma o grau de isolamento dos fragmentos da área em questão. Essa métrica registrou maior proximidade entre os fragmentos da classe Grande (3156 m) em relação a demais classes de fragmentos. A classe que registrou maior distância, indicando maior afastamento entre os fragmentos florestais dessa classe, foi a Muito pequeno (5730 m). Em nível global, também se identificou pouca proximidade entre todos os fragmentos (4336 m). Rempel et al. (2009), obteve resultados diferentes, para uma área de APP, com distância média de 82,22m, o que demonstra tratar-se de uma área com o grau de isolamento moderado, porém no presente estudo o grau de isolamento é classificado como alto (Almeida, 2008). Viana e Pinheiro (1998) afirmam que o grau de isolamento influencia no fluxo gênico entre as manchas afetando assim, portanto, a sustentabilidade de populações vegetais e de animais.

Em relação ao índice de conectividade (Cohesion), a classe que apresentou maior percentual foi a Grande (99,2 %) a maioria das outras classes mantiveram seus índices próximos, mantendo uma média global de 97%, exceto a classe de Muito pequenos, com 71,45% de índice de conectividade. De maneira geral as classes demonstraram que, apesar de serem altamente fragmentadas e com grau de isolamento alto, possuem uma alta conectividade estrutural, possivelmente estando ligadas por corredores de vegetação, o que pode possibilitar o trânsito de espécies entre os fragmentos florestais (Viana; Pinheiro, 1998).

4 CONCLUSÕES

Assim sendo, os fragmentos vegetativos nessa área são representados, em sua grande maioria, por fragmentos menores que 5 ha, indicando um alto grau de fragmentação florestal e de urbanização.

Os fragmentos de vegetação arbórea demonstraram uma tendência de aumento do índice de dimensão fractal com o aumento da área. Dessa forma, os fragmentos maiores tenderam a possuir formas mais complexas, ficando assim mais expostos aos efeitos de borda.

A paisagem da bacia encontra-se fortemente comprometida no que tange a integridade ecológica, uma vez grande parte da sua área de vegetação arbórea é constituída de ambiente de borda, fator que afeta significativamente a qualidade dos ecossistemas ali existentes;

Com o conhecimento das métricas relacionadas a tamanho, área, borda e forma dos fragmentos vegetativos, obtêm-se subsídios para o planejamento de ações públicas para a criação de unidades de conservação e corredores ecológicos na bacia hidrográfica em questão, buscando-se a conservação e preservação dos ecossistemas ali existentes.

Como a criação de um plano de interação adequado, pode-se buscar o restabelecimento do meio. A primeira iniciativa seria uma atuação voltada para isolamento e recuperação dos fragmentos vegetativos menores localizados ao redor das manchas maiores, através de técnicas de recuperação florestais contextualizadas a realidade local.

Dessa forma o processo de conexão entre os fragmentos é facilitado. Outra ação seria o isolamento de áreas de preservação permanente formando uma espécie de cinturão verde, adensando ainda mais o processo de restauração da biodiversidade.

A conscientização das comunidades locais, através da educação ambiental, bem como sua participação direta ou indireta no processo de adensamento e conexão da vegetação, torna o processo de reestabelecimento da vegetação e da biodiversidade não só ecológico como também social, recuperando a paisagem e a relação homem/natureza.

REFERÊNCIAS

- [1] Abdalla, L. Dos S.; Cruz, C. B. M. Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, RJ. *Rev. Bras. de Cartografia*, Rio de Janeiro, Nº 67/1 p. 169-184, Jan/Fev/2015.
- [2] Almeida, C. G. Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa. 2008.
- [3] Anderson, A. B.; Jenkins, C.N. Review of Applying Nature's Design: Corridors as a Strategy for Biodiversity Conservation. *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*, v. 17, n. 1.2007.
- [4] Andrade, M. M.; Klein, D. R.; Krefta, S. M.; Viera, A. G. Determinação da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica pertencente ao município de Presidente Prudente, SP. *R. de Ciências Agroveterinárias*, Lagres, SC. v. 17, n. 2, p. 278 – 285, mai., 2018.
- [5] Borges, J.; Carvalho, G.; Moura, A. C.; Nascimento, J. Estudo da conformação da paisagem de Sabará-MG para compreensão das métricas do fragstats em padrões de uso do solo. *Anais... XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia - Aracaju - SE - Brasil*, p. 1473-1481. 2010.
- [6] Braga, W. T.; Hermuche, P. M.; Guimarães, R. F.; Junior, O. A. C.; Oliveira, S. N.; Gomes, R. A. T. Análise das métricas dos fragmentos florestais e dos padrões espaciais morfológicos no município de São Pedro – SP. *Revista Espaço & Geografia*, Brasília, DF. v. 21, n. 1, p. 139 – 166. Mar., 2018.
- [7] CPRM. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará. Belém: 328p. CPRM. 2008.
- [8] Cruz, A. P. et al. Inter-relação entre paisagem, organização florístico-estrutural e demografia do componente arbóreo em floresta com araucárias. *Res. Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 67-79, jan.- mar., 2018
- [9] Dalfhi, R. L. Análise Espacial dos Remanescentes Florestais no Bioma Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais e da Madeira. Departamento de Ciências 41 Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro/ES, 2014. 41 p.
- [10] Disperati, A. A.; Oliveira FILHO, P.C.; Bobrowski, R.; Dlugosz, F.L.; Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati - PR, utilizando imagens satelitárias Landsat. *Revista Ciências Exatas e Naturais*. 2003; 5(1): 115-123.

- [11] Elkie, P. C.; Rempel, R. S; Carr, A. P. Patch Analyst User's Manual. A Tool for Quantifying Landscape Structure. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology, 1999. Disponível em Acesso em: 10 dez. 2018.
- [12] ESRI. ArcGis Desktop: Release 10.5. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2017.
- [13] Farina, A. Principles and methods in landscape ecology. Londres: Chapman & Hall; 1998.
- [14] Forman, R. T. T. Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press. Cambridge-Reino Unido. 1995.
- [15] Gustafson, E.J. Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art? *Ecosystems* 1: 143-156. 1998.
- [16] INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> >. Acesso em: 18 abr. 2018.
- [17] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Base Cartográfica Contínua do Brasil1:1000000, v4. Base contínua, v. I, n. 4, 2014. Disponível em:ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2014/informacoes_tecnicas/bcim_v4_doc_tecnica_vol_i.pdf. Acesso em: 5 jun. 2018.
- [18] KAPOs, V. Effects of isolation on the water atatus of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology*. Cambridge, V.2 n.5, p. 173-185.1989.
- [19] Mcgarigal, K.; Cushman, S. A.; ENE, E. 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Disponível em: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>. Acesso em: 03 fev. 2018.
- [20] Mendes, T. J. Análise da Fragmentação e Viabilidade de Corredores Ecológicos na Regiçai do MATOPIBA. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasília/DF, 2018. 73 p.
- [21] Metzger, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, Campinas, v. 1, n. 1-2, p. 1-9. 2001.
- [22] Paungartten, S. P. L.; Bordalo, C. A. L.; Lima Aline M. M. Saneamento e condições socioeconômicas de bacias hidrográficas: um estudo de caso na região metropolitana de Belém – PA. Belém : Revista GeoAmazônia. v. 03, n. 06, p. 83 – 95. 2015.
- [23] Paungartten, S. P. L.; Bordalo, C. A. L.; Lima, A. M. M. Análise evolutiva da paisagem da bacia hidrográfica do rio Benfica (PA): processos, dinâmica e tendências. *Revista de Educação Ambiental*: v. 21, n.2, p. 87-107. 2016.
- [24] Pires, A. S.; Fernandez F. A. S.; Barros C. S. Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: Rocha, C.F.D., Bergallo, H.G., Sluys, M. V. & Alves, M.A.S. (Org). *Biologia da conservação: Essências*. São Carlos: Rima Editora, 2006. p. 231-260.
- [25] Portela, R. de C. Q.; SANTOS, F. A. M. Produção e espessura da serrapilheira na borda e interior de fragmentos vegetativos da Mata Atlântica de diferentes tamanhos. *Revista Brasil. Bot.*V30,n.2, p.271-280, abr.-jun. 2007.
- [26] Primack, R. B.; Rodrigues, E.. *Biologia da Conservação*. Londrina, Gráfica Editora Midiograf. 2001.
- [27] Randhir, T. O.; Ekness, P. Water quality change and habitat potential in riparian ecosystems. *Ecohydrology and hydrobiology*, Lodz, v. 13, n. 3, p. 192-200, 2013.
- [28] Ranta, P.; Blom, T.; Niemela, J.; Joensuu E. & Siitonen, M. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 7: 385-403. 1998.
- [29] Rempel, C. T. et al. A ecologia da paisagem como base para o zoneamento ambiental da região político-administrativa – Vale Do Taquari – RS – Brasil: um modelo de proposta metodológica. *GeoFocus*, Jacupiranga, n. 9, p. 102-125. 2009.
- [30] Ribeiro, M.C., Metzger, J.P., Martensen, A.C., Ponzoni, F., Hirota, M.M. Brazilian Atlantic forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation* 142, 1141–1153. 2009.
- [31] Ribeiro, N. B.; JOHNSON, R. M. F.; Martins, M. S. Risco ecológico da Bacia
- [32] Roy, E. D.; White, J. R.; Smith, E. A.; Bargu, S.; LI, C. Estuarine ecosystem response to three large-scale Mississippi River flood diversion events. *Science of the Total Environment*, v. 458-460, p. 374-387, 2013.
- [33] Santos, H. G. Proposta de atualização da segunda edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 59 p. 2012.

- [34] SIMONETTI, D.; MARELLI A.; EVA H.D. IMPACT: Portable GIS toolbox image processing and land cover mapping. Luxembourg: Publications Office of the European Union, EUR 27358 EN, ISBN 97892-79-50115-9. 2015.
- [35] Smaniotto, M. Análise ambiental de Bacias Hidrográficas com base na fragmentação da paisagem: município de Getúlio Vargas (RS). 2007. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2007. Disponível em: < http://www.bdttd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2651> Acesso em: 13 de agos. 2018, 116f.
- [36] Souza, J. R. de. et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: o caso do rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do Prodepa, v. 8, n. 1, p. 26-45, abr. 2014.
- [37] Sulsoft. ENVI 5. 2017. Disponível em: < <http://www.sulsoft.com.br/pdf/envi.pdf> >. Acesso em: 20 jun. 2017.
- [38] Tabanez, A. A. & Viana, V.M. Patch structure within Brazilian Atlantic Forest fragments and implications for conservation. Biotropica 32(4b): 925-933. 2000.
- [39] Teixeira, L.; Azevedo, F. D.; Dalmas, F. B.; Saad, A. R.; Filho, A. C. P.; Andrade, M. R. M. Fragmentação da paisagem no município de Bragança Paulista-SP. Rev. Ciência Florestal, v.28, n.3, Santa Maria, p. 937-948, Jul/Set, 2018.
- [40] USGS – United States Geological Survey. Landsat data continuity mission. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 2018. Disponível em: < (<http://earthexplorer.usgs.gov>)>. Acesso em: 10 Ago. 2018.
- [41] Vale, J. R. B.; Costa, J. A.; Santos, J. F.Silva, E. L. S.; Favacho, A. T. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. Revista InterEspaço, Grajau, MA. v. 4, n. 13, p. 26 – 44, jan./abr., 2018.
- [42] Valente, R. O. A. Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP. Piracicaba, out. 2001.
- [43] Volotão, C. F. de S. Trabalho de Análise espacial métricas do Fragstats. Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. 1998.

Capítulo 7

Estudo da capacidade de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibú-Mirim

Liliane Moreira Nery

Magda Viana Campos Ribeiro

Mônica de Souza

Renan Angrizani de Oliveira

Darllan Collins da Cunha e Silva

Vanessa Cezar Simonetti

Resumo: O planejamento para o uso da terra torna-se primordial para evitar a sobrecarga nos solos e sua degradação. O objetivo desse estudo consistiu na avaliação da capacidade de uso da terra em uma importante bacia hidrográfica de Sorocaba, SP, utilizando técnicas de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para tanto, foram elaborados mapas que forneceram suporte para a análise da capacidade de uso da terra. Os resultados revelaram que 15,50% da área encontra-se em seu limite de máxima utilização e 7,19% encontra-se em sobreutilização. Conclui-se que a utilização de técnica de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) mostrou-se eficiente no processo de análise de uso do solo de bacias hidrográficas, possibilitando o planejamento do uso da terra com a premissa de preservar a qualidade do solo de acordo com suas classes de capacidades e proporcionando subsídios para a gestão e manejo de bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Análise espacial; Recursos hídricos; Planejamento do uso da terra

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são elementos essenciais para a manutenção da biodiversidade em conjunto com os fragmentos florestais que dependem destes para sua manutenção, preservando e promovendo a existência da vida no planeta Terra, sendo primordial a conservação das qualidades e quantidades destes recursos hídricos (LOURENÇO et al., 2015; SIMONETTI et al., 2019).

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.443 de 8 de Janeiro de 1997, a água é um recurso natural limitado, um bem de domínio público dotado de valor econômico que, em situação de escassez a prioridade de uso é para o consumo humano e dessedentação de animais; também define a bacia hidrográfica como unidade territorial com a premissa de realizar a gestão dos recursos hídricos de forma descentralizada com a participação do poder público, das comunidades e usuários, visando proporcionar os múltiplos usos da água com o objetivo de proteger e preservar os recursos hídricos em sua quantidade disponível para consumo da população atual e das gerações futuras de forma suprir suas necessidades (BRASIL, 1997).

O solo, que não somente serve de substrato para a produção de alimentos, mas também é o meio pelo qual ocorre diversos ciclos biogeoquímicos, está sujeito ao uso predatório, que contribui para a perda de solo e nutrientes através da ocorrência de erosão, sendo que estas modificações podem contribuir para as alterações climáticas em virtude do desequilíbrio dos ciclos que ocorrem no solo (AMUNDSON et al., 2015; SILVA et al. 2017). Este recurso é essencial para a preservação dos recursos hídricos, para a proteção da biodiversidade, dos ecossistemas e para o desenvolvimento econômico sustentável, portanto o planejamento do uso da terra de forma racional é fundamental (FLAUZINO et al., 2016; SILVA et al. 2018).

Estudos de análise de nascentes na microbacia do rio Pirajibú-Mirim, realizado por Corrêa et al. (2016), aponta as perturbações antrópicas, a ausência ou a degradação de vegetação nos entornos das nascentes, como os principais problemas encontrados, e destaca a importância de ações para recuperação e preservação destes recursos hídricos.

O manejo adequado de bacias hidrográficas envolve o estudo de diversos fatores, dentre os quais se destacam as características do solo, bem como seu uso e ocupação. Nesse sentido, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são ferramentas rápidas e eficazes para a geração de informações espaciais, auxiliando no monitoramento de bacias hidrográficas (PANDEY et al., 2011; SIMONETTI; SILVA; ROSA, 2019).

Ao classificar o uso da terra de acordo com a sua capacidade estamos identificando o uso que mais se adequa as suas condições, atuando na prevenção da degradação do solo. Estudos demonstram que a utilização de técnicas de geoprocessamento podem auxiliar nesse processo de maneira eficiente (MEIRA et al., 2016; AIRES et al., 2017; LOPES; CAMPOS, 2019).

Diante do exposto, o objetivo desse estudo foi identificar as classes de capacidade de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Pirajibú-Mirim.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Com aproximadamente 671.186 habitantes (IBGE, 2018), a cidade de Sorocaba está localizada a sudeste do Estado de São Paulo, a cem quilômetros da capital e está inserida na macrometrópole de São Paulo, região caracterizada devido ao grande aglomerado urbano, responsáveis por realizar pressões sobre os recursos hídricos, pois a medida em que se desenvolvem, há diminuição na disponibilidade de água, devido as contaminações por cargas difusas urbanas e efluentes industriais e doméstico, além do aumento na demanda por água. Em Sorocaba, a demanda estimada de água por disponibilidade ($Q_{95\%}$) está em sua maior parte entre 50% a 70%, estando a sub-bacia do rio Pirajibú-Mirim entre 20% a 50% (PERH, 2017).

Com clima subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação Köppen-Geiger, Sorocaba possui verões quentes, abafados e frequentes trovoadas, com inverno moderado não muito seco e temperatura média em torno de 19,4°C (LOURENÇO et al. 2014; SIMONETTI et al., 2018).

Sua cobertura vegetal predominante corresponde ao bioma da Mata Atlântica, com traços de Cerrado. De acordo com a delimitação das Regiões Ecológicas no Estado de São Paulo, adotada pela Resolução SMA nº 21 de novembro de 2001, a área de estudo possui matriz composta por Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Densa e Cerrado *sensu lato* (LOURENÇO et al. 2014; LOURENÇO et al. 2015; OLIVEIRA et al., 2016).

A área de estudo está localizada inteiramente no município de Sorocaba apresentado na Figura 1 e ocupa aproximadamente 56,88 km² de extensão de um total de 456 km² da área territorial do município, sendo sua captação destinada para o uso industrial, irrigação e abastecimento público, sendo este último captado por meio de represamento artificial na Represa do Ferraz, contribuindo com 10% do abastecimento do município (SAAE, 2019).

Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

2.2 MAPA PEDOLÓGICO

Para a elaboração da carta dos tipos de solos da bacia hidrográfica do Rio Pirajibú Mirim, utilizou-se o mapa pedológico do estado de São Paulo (ROSSI, 2017), na escala 1:250.000, onde foram identificados dois tipos de solos presentes na área de estudo: Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos.

2.3 MAPA DE DECLIVIDADE

A declividade do terreno foi extraída a partir do modelo digital de terreno (MDT), que foi produzido através de dados topográficos da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), obtidos gratuitamente no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (MIRANDA, 2005). Primeiramente as curvas de nível foram extraídas, e por meio da interpolação dessas informações foi gerada uma grade triangular (TIN), sendo possível extrair as classes de declividade (SOUZA; GALVANI; SOUZA, 2015; DIAS, 2016; SILVA et al. 2016). O mapa gerado foi reclassificado de acordo com os intervalos estabelecidos no sistema de capacidade de uso da terra baseada na metodologia de Lepsch et al. (1991).

2.4 MAPA DE USO ATUAL DOS SOLOS

A carta de uso dos solos foi elaborada utilizando imagens orbitais obtidas pelo satélite Sentinel-2/MSI, realizando uma composição de bandas RGB da imagem, e posteriormente por meio de uma classificação supervisionada por máxima verossimilhança foram identificadas as classes de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Pirajibú- Mirim. A confirmação dos dados levantados foi obtida através da edição vetorial com auxílio do software *Google Earth Pro*, de forma que foram feitas as retificações necessárias das informações em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

2.5 MAPA DAS CLASSES DE CAPACIDADE DE USO DA TERRA

Para a determinação das classes de capacidade de uso da terra foi utilizada a metodologia adaptada e proposta por Lepsch et al. (1991), observando os parâmetros de declividade, drenagem, fertilidade, profundidade e pedregosidade. Analisando os fatores limitantes em cada item, definiu-se a classe de capacidade de uso da terra com a finalidade de evitar a degradação dos solos por erosão.

2.6 MAPA DE CAPACIDADE MÁXIMA DE USO

O mapa de capacidade máxima de uso foi obtido através do cruzamento das cartas de uso e ocupação atual do solo e classes de capacidade de uso do solo, observando quais áreas se encontram subutilizadas, em máxima utilização racional da terra ou sobre utilizadas, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2. Capacidade máxima de uso do solo.

Sentidos das aptidões e limitações	Classe de capacidade de uso	Aumento da intensidade de uso →						
		Vida silvestre e ecoturismo	Reflorestamento	Pastoreio		Cultivo		
				Moderado	Intensivo	Restrito	Moderado	Intensivo
AUMENTO DAS LIMITAÇÕES ↓ AUMENTO DA ADEQUAÇÃO E LIBERTADE DE ESCOLHA DE USO ↑	I							
	II							
	III							
	IV							
	V							
	VI							
	VII							
	VIII							

	Subutilização da terra
	Máxima utilização da terra
	Sobreutilização da terra

Fonte: Lepsch et al. (2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A declividade é um item bastante restritivo para a determinação do uso do solo respeitando sua classe de capacidade (AIRES et al., 2017). Na área de estudo, demonstrado pela Figura 3, observa-se a predominância do relevo moderadamente ondulado, de acordo com a Tabela 1. As áreas de maior declividade se encontram na porção sul da bacia, em áreas de cabeceiras, como também foi observado por Corrêa et al. (2017).

Figura 3. Mapa de declividade da área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 1. Classificação da declividade da área estudo.

Declividade (%)	Classe	Área	
		km ²	%
0 – 2	Plano	2,37	4,17
2 – 5	Suave ondulado	7,84	13,80
5 – 10	Moderado Ondulado	20,56	36,20
10 -15	Ondulado	12,78	22,50
15 – 45	Forte Montanhoso	12,94	22,76
> 45	Montanhoso	0,31	0,54

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o mapa proposto por Rossi (2017), os solos presentes na área de estudo são os Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos, com predominância dos Argissolos, como observado na Figura 4 e na Tabela 2.

Figura 4. Mapa pedológico da área de estudo.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2. Tipos de solos da área de estudo.

Solo	Área	
	km ²	%
Argissolos Vermelho – Amarelos; Pouco Profundo e Raso; Textura Média	36,94	64,94
Argissolos Vermelho – Amarelos; Profundo e Muito Profundo; Textura Argilosa	13,87	24,38
Cambissolos Háplicos; Pouco Profundo e Profundo; Textura Média/Argilosa e Argilosa	6,08	10,68

Fonte: Elaboração própria.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos de textura média ocorrem em 64,94% da bacia hidrográfica, estes solos apresentam naturalmente menor permeabilidade nos horizontes subsuperficiais e consequentemente elevada suscetibilidade à erosão, enquanto os Argissolos Vermelho-Amarelos de textura argilosa, que estão presentes em 24,38% do território total da área em estudo, apresentam elevada capacidade de retenção de água (IAC, 2014). Estes solos apresentam profundidade variada, sendo os Argissolos pouco profundo à rasos os predominantes no local. Esse tipo de solo pode apresentar restrições principalmente relacionada a sua fertilidade (EMBRAPA, 2019a). Os Cambissolos Háplicos possuem fraco desenvolvimento do horizonte B, sendo comumente encontrados em áreas de elevada declividade apresentando frequentemente fragmentos de rocha (LEPSCH, 2011), observa-se que na área de interesse este tipo de solo apresenta profundidade variando de pouco profundo a profundo, com textura média/argilosa a argilosa, correspondendo a 10,68% do território total da bacia hidrográfica em estudo. A

fertilidade natural desse solo é bastante variável, portanto, as limitações quanto ao seu uso se referem a declividade, pouca profundidade e pedregosidade (EMBRAPA, 2019b).

Para classificar a capacidade de uso do solo, foi identificado o fator mais limitante para cada item analisado, com base nos critérios estabelecidos na Tabela 3.

Tabela 3. Critérios para classificação quanto à capacidade de uso da terra.

Limitações	Parâmetro	Classes de Capacidade de Uso							
		I	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Fertilidade Aparente	Muito Alta								
	Alta								
	Média								
	Baixa								
	Muito Baixa								
Profundidade Efetiva	Muito Profundo								
	Profundo								
	Moderada								
	Rasa								
	Muito Rasa								
Drenagem Interna	Excessiva								
	Favorável								
	Moderada								
	Lenta								
Pedregosidade	Sem Pedra								
	Menor que 1%								
	1 – 10%								
	10 – 30%								
	30 – 50%								
	Maior que 50%								
Classe de Declividade	0 – 2%								
	2 – 5%								
	5 – 10%								
	10 – 15%								
	15 – 45%								
	Maior que 45%								

Fonte: adaptado de drugowich et al. (2015).

De acordo com a tabela de julgamento apresentada, verificou-se que a Bacia hidrográfica Pirajibú Mirim possui as classificações de capacidade de uso da terra apresentadas na Figura 5 e na Tabela 4.

A classe VIII ocupa menor área, ocorre em 0,55% da área em análise, o que corresponde a 0,42 km² com a declividade do terreno montanhoso, a classe III ocorre em 9,60% da área em análise, o que corresponde a 5,41 km² estando presente em terrenos planos a moderadamente ondulados, já a classe VII ocorre em 22,90% da área, correspondente a 12,20 km² com a declividade do terreno fortemente ondulado, a classe VI ocupa a segunda maior área, 13,30 km², e por fim, a classe IV é a maior área da bacia, com área correspondente à 24,50 km² com a declividade predominantemente de 5-10%.

Figura 5. Mapa de classe de capacidade de uso.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4. Resultado obtido para a classificação de capacidade de uso da terra.

Critérios	Limitação	Classe Limitante
Fertilidade	Baixa	III
Profundidade	Profundo/Muito Profundo	I
Drenagem	Favorável	I
Pedregosidade	1 - 10%	III
Declividade	0 - 2%	III
	2 - 5%	III
	5 - 10%	III
	10 - 15%	VI
	15 - 45%	VII
	> 45%	VIII

Fonte: Elaboração própria.

Em relação ao uso do solo atual, observa-se a predominância de pastagens, ocupações urbanas e a presença de vegetação nativa, como pode ser verificado na Figura 6 e Tabela 5 com suas proporcionalidades.

Figura 6. Mapa de classe de capacidade de uso.

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com o estudo de Maques (2017), que realizou a avaliação da fragilidade da sub-bacia do rio Pirajibú-Mirim, também foram identificados as áreas de pastagens, área urbana e matas como uso do solo predominantes.

Tabela 5. Uso e ocupação do solo atual da bacia hidrográfica Pirajibú-Mirim

Uso e Ocupação do Solo Atual	Área	
	km ²	%
Agricultura	1,02	1,79
Área Urbana/Loteamentos/Sedes Rurais	7,52	13,22
Hidrografia	0,34	0,61
Pastagem	20,33	35,76
Silvicultura	4,41	7,75
Solo Exposto	0,57	0,99
Vegetação Nativa	22,67	39,87

Fonte: Elaboração própria.

Com a obtenção dos dados referente ao uso e ocupação do solo atual, observa-se que a bacia hidrográfica Pirajibú-Mirim possui 39,87% de área com vegetação nativa que são fundamentais para a proteção do solo e dos recursos hídricos, a hidrografia corresponde a 0,61% da área da bacia, sendo o uso do solo para pastagem, área urbana/loteamentos/sedes rurais com respectivos percentuais de 35,76% e 13,22% os usos mais preponderantes, em relação as áreas de uso do solo caracterizados como agricultura com 1,79%, a silvicultura com 7,75% e solo exposto com 0,99%.

Para identificar os conflitos de uso do solo foram sobrepostos os mapas de classificação da capacidade de uso da terra e de uso e ocupação atual do solo, utilizando a tabela de julgamento na metodologia já citada para identificar os usos subutilizados, os usos em máxima capacidade, e sobreutilizados, conforme apresentado na Figura 7 e Tabela 6.

Figura 7: Mapa de adequabilidade do uso do solo da bacia hidrográfica Pirajibú-Mirim.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6. Capacidade máxima de uso do solo da bacia hidrográfica Pirajibú-Mirim

Capacidade Máxima de Uso do Solo	Área	
	km ²	%
Subutilização	37,61	77,31
Sobreutilização	3,50	7,19
Máxima utilização	7,54	15,50

Fonte: Elaboração própria.

Os dados na Figura 7 e na Tabela 6 em consonância com os critérios de capacidade máxima de uso do solo apresentada na Figura 2, observa-se que 77,31% da área da bacia hidrográfica Pirajibú-Mirim encontra-se em subutilização da terra de acordo com suas classes de capacidade de uso, limitações e intensidade de uso atual, 15,50% da área encontra-se em seu limite de máxima utilização e 7,19% encontra-se em sobreutilização, não sendo considerado nesta avaliação as áreas urbanas consolidadas e hidrografia.

As áreas de solo exposto são consideradas áreas de sobreutilização do uso da terra em consequência dos processos de erosivos que se tornam mais intensos nessas situações, em virtude da ausência de cobertura vegetal. Apesar das áreas de agricultura representarem apenas 1,79% da ocupação do solo na área de estudo, é verificado que essas áreas se encontram em máxima utilização ou sobreutilização, representando áreas potenciais para processos de degradação. O mesmo é verificado em algumas áreas de pastagens e silvicultura.

4. CONCLUSÃO

A utilização de técnica de geoprocessamento em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) mostrou-se eficiente no processo de análise de uso do solo de bacias hidrográficas, possibilitando o planejamento do uso da terra com a premissa de preservar a qualidade do solo de acordo com suas classes de capacidades e proporcionando subsídios para a gestão e manejo de bacias hidrográficas.

Os resultados apresentados apontam que a bacia hidrográfica do Pirajibú-Mirim encontra-se em boas condições de uso do solo, porém, em se tratando de uma bacia hidrográfica de alta importância para o

município de Sorocaba, e de uma região em expansão imobiliária, industrial e agronegócio de relevante interesse para o desenvolvimento econômico e social, sugere-se que o crescimento demográfico e econômico dentro dos limites da bacia hidrográfica sejam analisados na gestão desta, planejados e estruturados com políticas públicas e participação da população, de forma a evitar o aumento da máxima utilização e sobreutilização da terra, com o objetivo de utilizar os recursos ambientais e naturais da região da bacia hidrográfica do rio Pirajibú-Mirim de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- [1] Aires, U. R. V. et al. Capacidade do uso da terra: um estudo de caso em uma microbacia do Rio Piracicaba, MG. *Nativa*, v.5, n.6, p.402-409, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05n06a04>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- [2] Amundson R. et al. Soil and human security in the 21st century. *Science*, v.348, n. 6235, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1126/science.1261071>>. Acesso em: 28 mar. 2019.
- [3] Brasil. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997.
- [4] Corrêa, C. J. P.; Tonello, K. C.; Franco, F. S. Análise Hidroambiental da Microbacia do Pirajibú Mirim, Sorocaba, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v.11, n.4, p.943-953, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1969>>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- [5] Dias, E. R. Geração de modelo digital de elevação utilizando dados do SRTM como subsídio ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena/PB. *Caderno de Geografia*, v.26, n.45, p.151-159, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2016v26n45p151>>. Acesso em: 21 de mar. 2019.
- [6] Drugowich, M. I. et al. Tutorial para aplicação da Resolução SAA - 11. Campinas, SP: Cati, 2015.
- [7] Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos Tropicais: Argissolos Vermelho-Amarelos. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/Cont000gn0pzmhe02wx5ok0liq1mqk4130gy.html>. Acesso em: 03 ago. 2019a.
- [8] Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos Tropicais: Cambissolos Háplicos. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/Cont000gn1sf65m02wx5ok0liq1mqzx3jrec.html>. Acesso em: 03 ago. 2019b.
- [9] Flauzino, B. K. et al. Mapeamento da capacidade de uso da terra como contribuição ao planejamento de uso do solo em sub-bacia hidrográfica piloto no sul de Minas Gerais. *Revista Geociências*, v.35, n.2, p.277-287, 2016. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/9025/8290>>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- [10] Iac. Instituto Agrônomo de Campinas. Solos do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/solosp/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- [11] Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- [12] Lepsch I. F. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de textos, 2011, 438p.
- [13] Lepsch I. F. et al. Manual utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Viçosa: SBCS, 2015, 170p.
- [14] Lepsch, I. F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: 4ª aproximação, 1991, 175p.
- [15] Lopes, I. C. P.; Campos, J. A. Capacidade de uso da terra da sub-bacia do Córrego Maria Comprida usando Sistemas de Informações Geográficas. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.04, n. 02, p. 110-121, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.24221/jeap.4.2.2019.2358.110-121>>. Acesso em: 30 abr. 2019.
- [16] Lourenço, R. W.; Silva, D. C. C.; Martins, A. C. G.; Sales, J. C. A.; Roveda, S. R. M. M.; Roveda, J. A. F. Use of fuzzy systems in the elaboration of an anthropic pressure indicator to evaluate the remaining forest fragments. *Environmental Earth Sciences*, v. 73, p. 1-8, 2015. Doi: 10.1007/s12665-015-4253-6
- [17] Lourenço, R. W.; Silva, D. C. C.; Sales, J. C. A. Development of a methodology for evaluation of the remaining forest fragments as a management tool and environmental planning. *Ambiência*, v. 10, p. 685-698, 2014. DOI:10.5935/ambiencia.2014.03.03
- [18] Marques, V. V. Fragilidade ambiental associada à conectividade do escoamento superficial indireto na bacia do Rio Pirajibu-Mirim, Sorocaba/SP. 2017. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2017.

- [19] Meira, R. T.; Sabonaro, D. Z.; Silva, D. C. C. Elaboração de Carta de Adequabilidade Ambiental de uma pequena propriedade rural no município de São Miguel Arcanjo, São Paulo, utilizando técnicas de geoprocessamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, p. 77-84, 2016. Doi: 10.1590/S1413-41520201600100133687
- [20] Miranda, E. E. (Coord.). *Brasil em relevo*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 04 abr. 2019.
- [21] Oliveira, R. A.; Silva, D. C. C.; Simonetti, V. C.; Stroka, E. A. B.; Sabonaro, D. Z. Proposição de Corredor Ecológico entre duas Unidades de Conservação na Região Metropolitana de Sorocaba. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 32, p. 61-71, 2016. Doi: 10.11606/rdg.v32i0.116467
- [22] Pandey, A.; Chowdary, V. M.; Mal, B. C.; Dabral, P. P. Remote sensing and gis for identification of suitable sites for soil and water conservation structures. *Land Degradation & Development*, v. 22, n. 3, p. 359-372, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/ldr.1012>>. Acesso em: 19 abr. 2019.
- [23] Rossi, M. *Mapa pedológico do estado de São Paulo: revisado e ampliado*. São Paulo: Instituto Florestal, v.1, 2017. 118p.
- [24] Saae. Serviço Autônomo de Água e Esgoto. Água. Disponível em: <<http://www.saaesorocaba.com.br/agua/>>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- [25] Sales, J. C. A.; Silva, D. C. C.; Romagnano, L. F. T.; Bertagna, R.; Lourenço, R. W. Avaliação do impacto ambiental causado pelas alterações espaço temporal do uso do solo e da cobertura vegetal utilizando o modelo das Cadeias de Markov. *Ciência e Natura*, v. 38, p. 115-124, 2016. Doi: 10.5902/2179460X18641
- [26] Silva, D. C. C.; Albuquerque Filho, J. L.; Sales, J. C. A.; Lourenço, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. *Revista Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise*, v. 42, p. 72-85, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v42i0.45524>>. Acesso em 24 out. 2019.
- [27] Silva, D. C. C.; Albuquerque Filho, José Luiz; Oliveira, R. A.; Lourenço, R. W. Proposta metodológica para análise espacial de nutrientes do solo em bacias hidrográficas. *Sociedade & Natureza*, v. 30, p. 85-107, 2018. DOI: 10.14393/SN-v30n3-2018-5
- [28] Silva, D. C. C.; Sales, J. C. A.; albuquerque Filho, j. l.; Lourenço, R. W. Caracterização morfométrica e suas implicações no acúmulo de sedimentos em reservatórios: o caso da represa Hedberg, Iperó/SP. *Ra'e GA: o Espaço Geográfico em Análise*, v. 36, p. 225-245, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v36i0.42324>
- [29] Simonetti, V. C. et al. Análise da suscetibilidade do solo a processos erosivos do Parque Natural Municipal Corredores de Biodiversidade (Pnmbio) de Sorocaba (SP). *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 44, p. 169-180, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v44i0.48838>>. Acesso em 24 out. 2019.
- [30] Simonetti, V. C. et al. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. *International Journal of River Basin Management*, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15715124.2019.1672706>>. Acesso em 24 out. 2019.
- [31] Simonetti, V. C.; Silva, D. C. C.; Rosa, A. H. Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos. *Scientia Plena*, v.15, n.2, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14808/sci.plena.2019.025301>>. Acesso em 31 ago. 2019.
- [32] Souza, V., Galvani, e., Souza, M. L. Determinação e adequação da capacidade de uso da terra em bacia hidrográfica por meio de sistematização metodológica no SIG SPRING. *Geografia (Londrina)*, v.24, n.1, p.55-69, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2015v24n1p55>>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- [33] Ssrh. Secretaria Estadual de Saneamento e Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos [recurso eletrônico]: Perh 2016-2019. São Paulo: Ssrh, 2017. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/Perh%2020162019%20internet%20225%20dpi.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2019.

Capítulo 8

Avaliação ecotoxicológica da qualidade das Águas do Rio Catarino, Realengo, RJ

Alessandra Matias Alves

Aron da Silva Gusmão

Bruna Araújo de Oliveira

Devyd de Oliveira da Silva

Leonardo Fernandes Camelo Santos

Ana Claudia Pimentel

Resumo: Ecotoxicologia aquática se norteia sobre os efeitos ocasionados por agentes químicos e físicos nas populações e comunidades. Portanto, para identificar os efeitos destas substâncias sobre a biota aquática são utilizados testes de toxicidade com organismos de águas continentais, estuarinas e marinhas, em condições laboratoriais e/ou de campo. Esses testes possibilitam avaliar o impacto de misturas de poluentes sobre os organismos aquáticos dos corpos receptores e, ainda estabelecer limites permissíveis para várias substâncias químicas. O objetivo geral deste estudo é avaliar a qualidade ambiental das águas do Rio Catarino, localizado no bairro de Realengo, município do Rio de Janeiro, com base em ensaios ecotoxicológicos agudo, avaliando os impactos causados sobre a biota aquática. Os procedimentos adotados seguem normas da ABNT NBR para testes agudos com organismos aquáticos, sendo este o peixe *Danio rerio*, popularmente conhecido como paulistinha, obedecendo todas as exigências para cultivo e testes. As amostras foram coletadas entre os meses de julho e agosto de 2014. Os resultados obtidos através do cálculo da Unidade Tóxica (UT) indicam que o rio Catarino apresenta uma baixa toxicidade aguda. Esse resultado deve ser melhor avaliado, visto que esse corpo hídrico apresenta acentuada degradação das suas águas devido ao lançamento in natura de esgotos domésticos.

Palavras-chave: Ecotoxicologia. Biota aquática. Águas. Rio Catarino.

1 INTRODUÇÃO

A água é um dos mais vitais e talvez um dos bens mais preciosos da população mundial, porém, sua situação global é preocupante. A sua qualidade vem sendo afetada principalmente devido à contaminação por atividades antrópicas, o que tem se agravado nos últimos anos. A água é um meio fundamental a vida e indispensável a um largo espectro das atividades humanas, como o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação, bem como a preservação da vida aquática.

A avaliação ecotoxicológica é uma ferramenta para a análise de qualidade de corpos hídricos receptores, associando as concentrações de contaminantes no meio e seu risco ecotoxicológico, complementando os mecanismos tradicionais do controle da poluição. Os testes de toxicidades auxiliam no entendimento das relações entre poluição e suas consequências biológicas, eles também são utilizados no estabelecimento de critérios de qualidades de águas e sedimentos, para proteção da biota aquática (Zagatto et al., 1999 apud CETESB, 2005).

Os testes ecotoxicológicos, ou ensaios, para o monitoramento e avaliação de qualidade da água tem se tornado bastante comuns nos últimos anos, no Brasil. Em termos metodológicos, vários métodos de ensaios de toxicidade aguda e crônica já foram desenvolvidos e adaptados, de curta e longa duração, utilizando alguns grupos e espécies de organismos, dentre os quais se destacam algas (ABNT 1992; CETESB 1994), microcrustáceos (ABNT 1993, CETESB 1994) e peixes (CETESB 1990; ABNT 2004) de águas continentais e marinhas testes com sedimentos (Zagatto & Bertoletti, 2006).

Para melhor aprimoramento destes testes usa-se a ecotoxicologia aquática que é uma ciência que surgiu para dar suporte no enfrentamento dos problemas de contaminação dos corpos hídricos por compostos orgânicos ou substâncias químicas. Deste modo, essa ciência é utilizada como ferramenta de monitoramento ambiental, baseada principalmente na resposta de organismos individuais a estressores químicos.

Os Testes de toxicidade para a avaliação da qualidade das águas têm sido utilizados no Brasil em diferentes estudos (Bertoletti & Zagatto, 2006; Silveira, 2007). Para a avaliação ecotoxicológica de um determinado ambiente são importantes, o conhecimento das fontes de emissão (pontuais ou difusas), as propriedades inerentes dos diferentes agentes químicos (transformação, potencial de bioacumulação, persistência e concentração) e os processos metabólicos dos organismos (absorção, distribuição, excreção e desintoxicação). A exposição da biota aquática a misturas de contaminantes pode provocar efeitos diferentes daqueles esperados pela ação dos contaminantes sozinhos, resultantes de interações sinérgicas, de potenciação, antagônicas, aditivas entre os diferentes contaminantes orgânicos e inorgânicos (Mozeto & Zagatto, 2006)

Considerando-se a necessidade crescente de monitoramento e avaliação de recursos hídricos, o presente estudo tentou avaliar, por meio de ensaios ecotoxicológicos a qualidade da água do Rio Catarino a fim de determinar o grau de toxicidade da água e avaliar o potencial de risco à saúde pública, além de fornecer dados que possam corroborar para futuros projetos de manejo e recuperação da área em questão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Rio Catarino tem uma extensão de 4,5 Km, nascendo na Serra do Barata, no Maciço da Pedra Branca, em Realengo, Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, desaguardo no Rio Marinho, corpo hídrico que pertence a macro Bacia da Guanabara. Está localizado em uma região de grande densidade populacional e é utilizado como vazadouro de resíduos particulados, assim como despejos domésticos de esgotos sem nenhum tratamento por ausência de saneamento básico na região (Lima, 2011).

As coletas de amostras de água superficial foram realizadas em apenas um (01) ponto amostral do Rio Catarino, nos meses de julho e agosto de 2014, na parte canalizada localizada dentro da Universidade Castelo Branco. Estas foram realizadas com auxílio de uma corda e balde, em cima de ponte. A amostragem do mês de julho ocorreu em dia chuvoso.

Figura 1 – Ilustração do curso do Rio Catarino, com ênfase no ponto de amostragem (A).

Os testes de toxicidade seguiram a norma da ABNT-NBR 15088 (2004b), utilizando como organismo bioindicador o peixe *Danio rerio* (Figura 2). Para cada ensaio realizado foram utilizados quatro (4) fatores de diluições (100% da amostra, 50%, 25% e 12,5%) mais a condição controle (100% água de diluição). O organismo teste apresentou tamanho aproximado de 1 a 3 cm, adultos, expostos a amostra por 48 horas. Os parâmetros analisados durante os ensaios foram pH e oxigênio dissolvido, nos tempos amostrais de 0h (início), 24h e 48h.

Os testes foram considerados válidos quando a sobrevivência do organismo teste controle foi igual ou maior que 90%.

Figura 2: Ilustração do organismo teste, peixe *Danio rerio*.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

As figuras 3 e 4 evidenciam os valores de pH dos ensaios realizados com as amostras coletadas em dia chuvoso e ensolarado, respectivamente. A figura 3 mostra que os valores de pH variaram de aproximadamente pH 6,0 a pH 6,8, enquanto que no dia ensolarado, todos os valores de pH foram próximos

a pH 6,5. De forma geral, nos dois ensaios os valores de pH evidenciam uma condição neutra.

Figura 3: Valores de pH dos ensaios de ecotoxicidade realizado com a amostra de água do Rio Catarino coletada em julho (dia chuvoso).

Figura 4: Valores de pH dos ensaios de ecotoxicidade realizado com a amostra de água do Rio Catarino coletada em agosto (dia ensolarado).

Nos dois ensaios apresentados nas figuras 5 e 6, as menores concentrações de oxigênio dissolvido foram de 6 mg/L e 4 mg/L, respectivamente. Condições estas que não representam um ambiente anóxico.

Figura 5: Valores das concentrações de Oxigênio dissolvido (mg/L) dos ensaios de ecotoxicidade realizado com a amostra de água do Rio Catarino coletada em julho (dia chuvoso).

Figura 6: Valores das concentrações de Oxigênio dissolvido (mg/L) dos ensaios de ecotoxicidade realizado com a amostra de água do Rio Catarino coletada em agosto (dia ensolarado).

Tabela 1: Resultados dos ensaios de ecotoxicidade realizado com a amostra de água do Rio Catarino (dia chuvoso), evidenciando o percentual de Organismos -teste mortos.

Diluição da amostra	0 Horas	24 Horas	48 Horas
100%	0%	0%	0%
50%	0%	0%	0%
25%	0%	0%	0%
12,5%	0%	0%	0%

A amostragem do dia chuvoso obteve unidade de toxicidade (UT) igual a 1, pois não houve morte dos organismos teste em nenhuma das diluições (tabela 1).

Tabela 2: Resultados dos ensaios de ecotoxicidade realizado com a amostra de água do Rio Catarino (dia ensolarado), evidenciando o percentual de organismos-teste mortos nas diferentes diluições da amostra.

Diluição da amostra	0 Horas	24 Horas	48 Horas
100%	0%	80%	20%
50%	0%	0%	0%
25%	0%	0%	0%
12,5%	0%	0%	0%

A amostragem do dia ensolarado obteve unidade de toxicidade (UT) foi igual a 2, devido a morte de todos os organismos teste na condição da amostra de 100%, ou seja sem diluição (tabela 2).

4 CONCLUSÃO

Os resultados preliminares obtidos através da determinação da Unidade Toxicológica (UT) evidenciam que as águas do Rio Catarino apresentaram uma baixa toxicidade aguda. Condição que deve ser melhor avaliada, visto que esse corpo hídrico apresenta acentuada degradação das suas águas devido ao lançamento in natura de esgotos domésticos.

REFERÊNCIAS

- [1] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) NBR 12648. Águas – Ensaio de toxicidade com *Chlorella vulgaris* (Chlorophyceae) . Rio de Janeiro : ABNT 1992. 8p.
- [2] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) NBR 12713. Água – Ensaio de toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro : ABNT 1993. 16p.
- [3] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS) NBR 12713. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia ssp.* (Crustacea, Cladocera). Rio de Janeiro : ABNT 2004a. 21p.
- [4] ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). NBR 15088. Ecotoxicologia aquática:toxicidade aguda - método de ensaio com peixes. Rio de Janeiro, 2004b. 19 p.
- [5] BERTOLETTI, E.; ZAGATTO, P.A. Aplicação dos Ensaios Ecotoxicológicos e Legislação Pertinente. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). Ecotoxicologia Aquática– Princípios e Aplicações. 1 ed. São Paulo, SP, Brasil. Editora Rima, 2006. p.347-382
- [6] CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL). Águas – Teste de Toxicidade aguda com peixes – parte II- Sistema Semi- Estático. Norma CETESB- L5.019-II. São Paulo, 1990. 29p.
- [7] CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL). Águas – Teste de Toxicidade aguda com *Daphnia similis* Claus, 1876 (Crustacea, Cladocera). Norma CETESB- L5.018. São Paulo, 1994. 25p.
- [8] CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL). Métodos de Avaliação da Toxicidade de Poluentes a Organismos Aquáticos. Cursos e Treinamentos. CETESB Volume I. São Paulo, 2005. 312p.
- [9] LIMA,E.A.C.F. SOS RIO CATARINO. G ciências humanas – 7 – Educação- 4- Educação básica- 63ª Reunião Anual da SBPC.2010. Disponível em: [//www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/5681.htm](http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/5681.htm). Acesso em: 10 março de 2015.
- [10] MOZETO, A.A.; ZAGATTO, P.A. Introdução de Agentes Químicos no Ambiente. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). Ecotoxicologia Aquática– Princípios e Aplicações. 1 ed. São Paulo, SP, Brasil. Editora Rima, 2006. p.15-38.
- [11] SILVEIRA, R.M. Bioensaios de Toxicidade e Organismos Bioindicadores como Instrumento para a Caracterização Ambiental do Rio Itajaí-Mirim, SC. 2007. 125p. Dissertação (Mestrado) –Centro de Educação de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Santa Catarina (Brasil).
- [12] ZAGATTO, P.A. Ecotoxicologia. In: ZAGATTO, P.A.; BERTOLETTI, E. (Eds.). Ecotoxicologia Aquática– Princípios e Aplicações. 1 ed. São Paulo, SP, Brasil. Editora Rima, 2006. p.1-13.

Capítulo 9

Desenvolvimento territorial sustentável: Uma análise comparativa entre experiências de Los Lagos-Chile, Imbabura-Ecuador e Baía da Ilha Grande-RJ Brasil

Jover Mendes de Oliveira Negrão

Lamounier Erthal Villela

Daniel Neto Francico

Patrick Gomes de Oliveira

Resumo: O presente artigo tem como objetivo identificar três diferentes experiências de desenvolvimento local nas regiões de Los Lagos, no Chile; Imbabura, no Equador; e o território da Baía da Ilha Grande, no Rio de Janeiro-Brasil. O objetivo principal do estudo é perceber como se dá o desenvolvimento endógeno e participativo, considerado como territorial sustentável dentro das localidades estudadas. Para analisar os três territórios optou-se, metodologicamente, por três parâmetros resultantes do referencial teórico: gestão e controle social, redes e APL e sustentabilidade. Ao perceber que os casos latino-americanos estudados supostamente se adequam ao conceito de desenvolvimento territorial sustentável, torna-se interessante entender como se dá esse processo de desenvolvimento e assim incitar uma reflexão de como as localidades podem se desenvolver utilizando meios, formas e instrumentos viáveis para serem implementados, sabendo que quanto maior for a participação social dentro dos processos de desenvolvimento local, maior é a capacidade de inclusão cidadã nos processos de desenvolvimento local.

Palavra-chave: gestão social, participação social, desenvolvimento sustentável, Arranjo Produtivo Local

1 INTRODUÇÃO

Os processos de desenvolvimento sustentável nos dias atuais demandam cada vez mais as ações em conjunto das esferas de poder. Assim, para que esse processo possa convergir numa sinergia, as instituições públicas, a inserção do mercado e uma atuação organizada da sociedade civil precisam estar alinhadas a um interesse comum. Nesse caso, mesmo onde as localidades se distanciem das ações mais específicas das políticas públicas federais de desenvolvimento territorial, é possível que dentro desse contexto os territórios possam se desenvolver. E ainda que percebendo um distanciamento da realidade, a abertura à participação cidadã e modelos colaborativos de gestão permitiram, em teoria, que as ações públicas não partissem mais de cima para baixo, ou seja, permitiu que uma determinada localidade se desenvolvesse de forma mais descentralizada e assim obter crescimento e melhoria na qualidade de vida da população. A perspectiva do desenvolvimento sustentável considerando uma atuação da sociedade civil, articulada à uma gestão social junto a um mercado visando não só crescimento econômico, mas também na qualidade de vida, altera toda a dinâmica do progresso que tem ocorrido até os dias atuais.

Nesse contexto surge os Arranjos Produtivos Locais, que segundo Villela (2013), são aglomerações empresariais que tem uma forte atuação da sociedade civil, permitindo que surjam novas estruturas de organização e até instituições que juntas podem atuar no desenvolvimento territorial local. Esse entendimento nos permite analisar numa determinada localidade, então, como a sociedade civil através da participação social, as intuições através das dinâmicas dos atores políticos e as organizações produtivas através de suas associações, cooperativas, entre outros, estão se articulando para promover o desenvolvimento tendo em vista que essa atuação sinérgica é fundamental para o presente estudo.

Após o exposto, cabe apresentar o objetivo principal do artigo, que se consiste em analisar as experiências ocorridas no ano de 2015 com o Pró-Integração, pela Capes, sendo a coordenação pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (FRRJ) e Universidade Federal do Tocantins (UFT) nas localidades de Los Lagos, no Chile, Imbabura, no Equador, e experiências elaboradas pelo Programa de Ensino, Pesquisa e Extensão em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas (PEPEDT) onde estão situados municípios que compõem o território da Baía da Ilha Grande (BIG) tendo em vista à entender como se dá esse processo de desenvolvimento endógeno e assim incitar uma reflexão de como as localidades podem se desenvolver utilizando meios, formas e instrumentos viáveis para serem implementados. Percebendo que quanto maior for a participação social dentro dos processos de desenvolvimento local, maior é a capacidade de inclusão cidadã nos processos de desenvolvimento local. É importante ressaltar que focaremos na produção de mel, em Los Lagos; na produção têxtil, em Imbabura; e na agricultura familiar e turismo, na BIG. Isso pelo fato de o objeto de estudo fomentar a reflexão sobre o desenvolvimento territorial sustentável. Nesse caso, isso não significa que nos territórios estudados não se possa identificar outras cadeias produtivas, porém, podem acabar sendo contraditórias ao nosso estudo, principalmente ao analisarmos o território da Baía da Ilha Grande.

Sendo assim, o estudo inicialmente, após a introdução, avança para os aspectos teóricos que estão fundamentados no conceitual de gestão e controle social, redes e APL e sustentabilidade. Depois vem a parte metodológica que se utiliza de indicadores e critérios de análises para propor o estudo comparativo entre as regiões. Para depois entrarmos na análise dos resultados entendendo como funciona a dinâmica do desenvolvimento territorial sustentável nessas localidades. Por fim, trazer o resultado da análise comparativa nas considerações finais.

2 ASPECTO TEÓRICO

2.1 GESTÃO E CONTROLE SOCIAL

Após a década de 90, época em que o Brasil passou pelo período de redemocratização com a Constituição Cidadã, as formas e meio da sociedade civil participar das decisões públicas se ampliaram. Houve uma descentralização da administração pública e a participação social ficou em evidência no cenário político brasileiro. Nesse contexto, o conceito de gestão social reforça a ideia de uma gestão mais participativa, que objetiva reduzir a pobreza e ainda possibilite políticas mais voltadas à sociedade.

Se para Bordenave (1994), a participação é tida como uma necessidade humana, pois em algum momento todos irão querer participar, sejam em sua família, bairro, política ou trabalho, é preciso que haja tanto uma gestão onde assegure a participação, como também onde possam ser discutidos as demandas e interesses em comum. Nesse caso temos a gestão social.

A gestão social promove uma ação dialógica, orientada ao interesse bem compreendido, como denota Cançado, Pereira e Tenório (2013). Sob tal prisma a dinâmica dos agentes territoriais está diretamente ligada à promoção de espaços deliberativos heterárquicos, descentralizados e capazes de convergir em espaços de igualdade participativa e com simetrias de informações. Como observa Fisher (2011) a composição destes espaços territoriais é complexa e envolve uma ampla gama de desafios. E acabam por exigir a ampla convergência de diferentes profissionais e setores sociais (redes socio técnicas, poderes públicos, organizações e movimentos sociais, representantes de empresas locais, entre outros).

Dessa forma, a participação social ganha notória relevância, pois tem o objetivo de estabelecer uma intervenção, seja ela individual ou coletiva, fundamentadas em rede de interação entre as pessoas, grupos e instituições com o Estado. A participação social parte de uma atuação ativa, onde o protagonismo das ações fica responsável pela sociedade civil organizada que busca por mudanças, direitos e cidadania. (MILANI, 2008).

2.2 REDES E APL

No panorama das configurações de redes produtivas, notabilizam-se os aglomerados sociais como os Arranjos Produtivos Locais (APLs), que servem de mecanismo à organização territorial no âmbito da produção local. Esses arranjos são formados por redes conectadas que, além de integrar parte da sociedade local, contribui para o desenvolvimento do território.

Castells (2007, p.119) considera como rede “toda a produtividade gerada e sua concorrência sendo feita em escala global de interação entre redes empresariais.” Ainda na visão do autor, as redes podem ser consideradas ilimitadas, integrando novos participantes, desde que interajam dentro da própria rede e estabeleçam a mesma forma de comunicação.

Já Malmegrin (2011, p. 16), considera que “as redes podem ser entendidas como conjunto de entes, no caso das organizações, com objetivos semelhantes e que atuam de forma integrada.” As redes, então, fazem parte das relações humanas e também do possível surgimento de arranjos produtivos que buscam interesse em comum.

Nesse contexto, os Arranjos Produtivos Locais são aglomerações territoriais de agentes econômicos, políticos e sociais - com foco em um conjunto específico de atividades econômicas - que apresentam vínculos mesmo que incipientes. (LASTRES, 2003, p. 13).

Estudar os Arranjos Produtivos Locais, ou seja, as aglomerações empresariais especializadas pela ótica da participação dos atores locais, abre um espectro de lógicas subjacentes como a construção de redes de relacionamentos, de novas estruturas organizacionais e institucionais, de questões sobre o desenvolvimento local e territorial. (VILLELA, 2013, p. 101)

Dessa maneira, os atores locais se unem e criam coligações a fim de intensificar os aparatos produtivos fortalecendo sua inteligência coletiva e suas redes sociais produtivas. Essas redes entram na lógica estratégica/capitalista de produção dentro do território (em todas as suas dimensões) e alteram as formas de organização e produção no global e no local.

Assim formam as redes tangíveis e intangíveis [COLOCAR CITAÇÃO]

Segundo Lévy (1998, p.28), inteligência coletiva “é uma inteligência distribuída por toda parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em uma mobilização efetiva das competências.” Ainda na visão do autor, a inteligência coletiva busca uma valorização técnica das capacidades individuais, além de uma valorização econômica e jurídica.

As redes estabelecidas em um APL, são teias de relacionamentos; logo, compete à governança fortalecer essas teias e estabelecer a capacidade de discutir os problemas locais e soluções que visem o bem comum, e não apenas a de um dos poderes, como é a lógica estabelecida no planejamento estratégico, que soluciona o problema do mais competitivo em detrimento dos demais atores. (VILLELA, 2013).

Dessa forma, o processo de planejamento e gestão da política de desenvolvimento territorial preconiza o local e requer um caráter deliberativo, para que seja possível a organização no tecido social do território.

Os arranjos produtivos locais se definem através de conceitos como: aglomerações, territórios, atividade econômica e agentes econômicos.

2.3 SUSTENTABILIDADE

Devido ao conceito de sustentabilidade possuir uma gama de significados, o presente estudo propõe uma análise a partir da visão de Boff (2012), que diz:

Sustentabilidade é toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda atender as necessidades da geração presente e das futuras, de tal forma que o capital natural seja mantido enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução e coevolução. (BOFF, 2012, p.107).

Assim, as escolhas feitas em termos de política de desenvolvimento colocam em jogo o bem-estar não apenas dos indivíduos que estão inseridos dentro dos territórios, mas também de toda uma geração futura. A atitude das gerações presentes em termos de consumo, acumulação de capital (e em particular do capital humano e social) afeta diretamente o bem-estar das futuras gerações. Existe então um problema de equidade intergeracional. De fato, se as necessidades das gerações presentes são conhecidas, as das gerações futuras não são, e a necessidade de definir as regras para uma partilha justa do bem-estar é essencial. (FAUCHEUX, 1995).

Considerando a visão dos autores, então, pode-se pensar que o conceito de desenvolvimento corresponde a uma dupla consciência que o estoque de recursos naturais disponíveis era limitado e que os processos de desenvolvimento levaram a externalidades negativas (resíduos, poluição, ruído, etc.). Esses dois aspectos poderiam, em última análise, pôr em causa a duração do crescimento e o desenvolvimento futuro. Era necessário repensar o desenvolvimento levando em conta essas duas restrições e administrar adequadamente as interações entre a economia e o meio ambiente, a fim de atender às necessidades atuais da população, sem sacrificar as das gerações futuras. (POUSSARD, 2010, p.07) FALTA REFERÊNCIA

Nesse sentido, pensar o desenvolvimento sustentável é considerar, segundo Sach (2008) cinco pilares, que são: o social, o ambiental, o territorial, o econômico e o político. Ainda na visão do autor, o pilar social aparece com o intuito de possibilitar menos desigualdade dentro dos territórios; ao passo que o pilar ambiental visa corrigir o uso desregrado dos recursos naturais do passado; o pilar territorial está relacionado a distribuição das populações e atividades dentro dos territórios; o econômico atua na viabilidade das atividades produtivas dentro do território possibilitando também uma melhor da qualidade de vida da população local; e por fim temos o pilar político que considera a governança democrática como um instrumento necessário do desenvolvimento sustentável.

Ao considerar todos os pilares ou dimensões do desenvolvimento sustentável, Sach (2008) acredita que este modelo vai atuar primeiramente no gerenciamento das crises que visam um crescimento na mobilização dos recostos internos, ou seja, vai estimular as iniciativas locais num processo de desenvolvimento que seja ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável. Além de possibilitar a inclusão de todos pilares no processo de desenvolvimento territorial sustentável.

Segue a tabela que irá conter os critérios de análise:

Tabela 1 - Critério de Análises

Critérios de Análise	
Critério 1: Gestão - Controle Social	Formas de Participação em Políticas Públicas
	Estruturas Institucionais de Controle Social
	Movimentos Sociais
	Órgãos de Controle do Estado
	Autonomia
	Acesso a Informação
	Diálogo/Processo de Discussão
	Bem comum
	Igualdade Participativa
	Pluralismo
Critério 2: Redes e APL	Saber Fazer Local/Competências
	Aglomeração
	Inovação
	Ligação Tangível
	Ligação Intangível
	Inteligência Coletiva
	Redes Conectadas
	Redes Sociais Produtivas
	Agentes Econômicos, Políticos e Sociais
	Coesão Social
Critério 3: Sustentabilidade	Coesão Territorial
	Inclusão Econômica
	Inclusão Social
	Inclusão Ambiental
	Inclusão Institucional
	Inclusão Tecnológica
	Inclusão Política

FONTE: Elaboração própria dos autores

3 METODOLOGIA

O estudo tem como objetivo descrever as experiências aplicadas no projeto Pró-Integração, onde foram feitas missões pela América Latina com o objetivo de identificar o processo de desenvolvimento territorial tendo como recorte as localidades do Equador, Chile e comparar com a experiência ocorrida no Brasil através dos territórios da Baía da Ilha Grande (BIG).

Pretende-se utilizar o estudo de caso múltiplos, que segundo Yin (2001), se consiste na ideia de obter diversas informações em lugares diferentes, mas pela ótica de um mesmo fenômeno, que nesse caso é o processo de desenvolvimento territorial sustentável. É importante perceber que irá utilizar-se o mesmo critério de análise, porém, como dito, em territórios diferentes. Permite também obter informações e resultados numa escala global e essas informações podem ser tiradas através de entrevista, exploração documental, visita à campo, entre outras formas que facilitam a análise do objeto de estudo. Em nosso caso, o objetivo é descrever as missões que ocorreram na província de Los Lagos, na província de Imbabura, e também a experiência que ocorre dentro do BIG. Após isso obter uma análise comparativa entre essas experiências a fim de entender como diferentes estruturas socioeconômicas podem influenciar no processo de desenvolvimento territorial sustentável nessas diferentes localidades mencionadas.

Devidos as diferentes características dos territórios estudados, o artigo se propôs a estabelecer alguns critérios de análise que possam ser identificados diante das dinâmicas das próprias localidades. Assim, o estudo comparativo será com base nesses critérios adotados pelos autores. A critério de organização, a parte metodológica está estruturada da seguinte forma:

Primeiramente foi feito uma pesquisa documental com o objetivo de explorar as experiências ocorridas tanto na província de Los Lagos e Imbabura, quanto nos territórios da Baía da Ilha Grande. A ideia foi de analisar como se deu o processo de desenvolvimento do território, tendo em vista características de aglomeração, atuação da sociedade civil e Arranjos Produtivos Locais.

A segunda parte foi pensado o referencial teórico para que o estudo tenha embasamento ao fazer a análise dos critérios e obter a comparação. Nesse sentido, optou-se pelos conceitos de gestão social, governança, participação social, inteligência coletiva, desenvolvimento, arranjos produtivos locais e sustentabilidade.

Então, além do foco no estudo de casos múltiplos, o trabalho também se consiste em obter resultados pela ótica dos critérios estabelecidos para que possamos obter o estudo comparativo dessas localidades.

A terceira parte será análise dos resultados obtidos dentro dos parâmetros e critérios acima, obedecendo a identificação e caracterização dos territórios, a princípio. Esta primeira parte se torna importante para que possamos entender como funciona a dinâmica das localidades e assim facilitar a análise dos critérios.

Ao fazer uma descrição das localidades o estudo avança na análise dos critérios a fim de obter a comparação entre os territórios. Ao analisar as experiências com base nos indicadores descritos acima, o estudo tem como objetivo identificar os modelos de desenvolvimentos que estão presentes nesses territórios e ainda estimular uma reflexão de como uma localidade possa se desenvolver com base nos critérios e ainda servir de exemplo para que seja replicado em outras localidades.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O resultado desta análise primeiramente se consiste em trazer uma breve descrição de cada localidade identificando as características das regiões. Após isso identificar dentro dos territórios estudados todos os critérios propostos no referencial teórico e metodologia. Os resultados serão expostos simultaneamente sendo o primeiro caso analisado o território de Los Lagos, no Chile, seguido pelo território de Imbabura, no Equador e, por fim, o território da Baía da Ilha Grande, no Rio de Janeiro, Brasil.

4.1 LOS LAGOS

Los Lagos está situada no centro da região de Los Rios, aproximadamente 834 km de Santiago, a capital do Chile. A cidade é atravessada pelos rios San Pedro e Collilelfu. As principais fontes econômicas da cidade de Los Lagos são oriundas das atividades agrícolas, pecuária e florestais, além de contar com empresas que contribuem no processamento de leite e madeira. Todas as características físicas da região, que venha a ser os rios, as montanhas e florestas, e faz com que Los Lagos obtenha um novo polo de desenvolvimento dentro do território, principalmente advindas atividades esportivas ligadas ao rafting e camping. Uma outra característica bastante expressiva da região de Los Lagos é que é composta por uma grande quantidade de cidades rurais. A seguir um mapa da região de Los Lagos:

Figura 1: mapa da Região de Los Lagos

Fonte: Google Maps

O projeto FIC – apícola contribui para o processo de desenvolvimento endógeno da região e sociedade de Los Lagos, e se realiza como processo de participação em políticas públicas para um estímulo ao desenvolvimento social, territorial e também estimular uma competitividade no mercado. O conjunto produtivo, realizado através de aglomerações de produtores de mel, carrega em si, elementos socioeconômicos que fomentam o desenvolvimento social. Em parceria com o Governo Regional de Los Lagos e com as Universidades, a transformação deste projeto resulta numa possibilidade de controle social, trazendo um envolvimento na tomada de decisão de políticas públicas ao desenvolvimento territorial. Entretanto, o projeto FIC - Apícola se efetua no fomento à competitividade no mercado.

A teia produtiva conta com organizações comunitárias para que seja possível uma autonomia social, ampliando as relações de produção e fortalecendo os laços criados, onde os atores sociais possam operar e realizar, efetivamente, seus conhecimentos produtivos locais. A organização produtiva e politicamente inclusiva constitui uma identidade territorial e social, identificação como cidadão participativo de atores da sociedade civil de Los Lagos. O projeto se propõe, entre outros objetivos, gerar condições para a participação no direcionamento e controle das atividades e resultados sociais.

A sociedade civil atua junto do Estado, assim garantindo um pluralismo e espaço para diálogos, o que amplia as redes de informação e acessibilidade à própria sociedade civil. Plural no âmbito deliberativo, pois o Estado e a sociedade civil participam em conjunto na produção apícola. A dificuldade dialógica no processo é a crise de confiança da sociedade civil, o que desloca as relações intermediárias entre o governo e as pessoas. Uma vez participativa, a sociedade criou laços e vínculos sociais que foram de suma importância para a coesão das formas aglomeradas na produção do mel. Essas formas configuram o espaço local na realização de suas competências. A participação se encarna nos diferentes assuntos da sociedade civil, e na educação cívica, ela foi a chave para a existência de um compromisso individual e de que, juntos, objetivos que se realizam em torno do bem comum são alcançados. Aqui, o bem comum se traduz como identificação geográfica, no sentido receptivo do conceito. Em relação à transparência, na região de Los Lagos, se ressalta como um valor ético por parte dos indivíduos, o que vem a ser o mais próximo que a cidadania necessita através, por exemplo, das responsabilidades de contas públicas na esfera do vínculo entre o Estado e a cidadania. Tais características ampliam e realizam o acesso à informação, que é um dos pilares para que o Estado e a sociedade civil exerçam seu papel na democracia dentro de um território.

O saber-fazer local, o conhecimento prático passado no território, fez-se realizar a partir dos fortes laços sociais que foram construídos na produção de mel (o modo do qual é produzido, o cuidado necessário, as técnicas que devem ser incorporadas). O fato da FIC - Apícola ser composta por um sistema de cadeias produtivas, tendo se aglomerado em redes, facilita o desenvolvimento de ligações tangíveis e intangíveis. Tangíveis no sentido material, palpável e corpóreo, e intangíveis no sentido imaterial, etéreo e metafísico.

Como ligações tangíveis observaram-se as tecnologias utilizadas no desenvolvimento da produção apícola, nas inovações materiais e nos processos produtivos. São os conhecimentos práticos, as técnicas e tecnologias. Como ligações intangíveis, observou-se o desenvolvimento das tecnologias que serão utilizadas na produção de mel. Esse desenvolvimento acontece em laboratórios de pesquisas na Universidade de Los Lagos. As ligações intangíveis são mais um método de mediação entre a sociedade civil, os produtores organizados e o Estado (através da Universidade). A união das ligações tangíveis e intangíveis trouxeram, para Los Lagos, melhorias, segurança, crescimento e inovação no setor produtivo, o que se reflete na capacidade de incluir, socialmente, as tecnologias desenvolvidas pelos laboratórios de pesquisas na Universidade de Los Lagos.

O uso de tecnologias no setor apícola, levou a Los Lagos benefícios nos processos de produção e nos produtos finais. Em conjunto com as redes produtivas de mel, a Universidade de Los Lagos desenvolveu muitas tecnologias para o setor apícola, como os professores Emir Valencia e Sergio Gonzalez, que estão desenvolvendo novos produtos para valorizar a cadeia produtiva do mel e seus produtos finais, sendo eles o mel em pó, o mel orgânico, o verniz de própolis, o mel pasteurizado, a própolis e o pólen. O desenvolvimento de tecnologias produtivas do mel leva a um estímulo de tecnologias que, na medida em que se realizam, podem ser aplicadas em outras áreas produtivas.

Em Los Lagos, a produção de mel, realizada a partir do resultado da estruturação de um saber-fazer, evidencia um incremento ao desenvolvimento social e territorial, aprimorando suas técnicas produtivas e estabelecendo coesão entre a sociedade civil e o Estado. O incentivo às tecnologias de produção de mel elucida o quão bem constituídas são as teias produtivas do tecido social. Os processos e etapas da produção de mel são bem definidos dentro do sistema, pois operam num determinado saber-fazer. É criada uma diversidade de produtos oriundos do mel, o que representa uma diversidade de

conhecimentos dentro de uma mesma localidade e de um processo produtivo. Conhecimentos que, além de não se perderem, progridem e se acumulam ao longo do tempo, o que transforma esse conhecimento numa parte técnica do sistema de produção. Essa inteligência coletiva se mostrou coesa e bem arranjada, uma vez que, o conhecimento é difundido através dos laços sociais conectados, ampliando a diversidade dos produtivos oriundos do mel.

Uma estrutura produtiva necessita de redes conectadas, que impulsionam o desenvolvimento e a coesão da própria estrutura. Em Los Lagos, os artesãos e os produtores de mel conservam suas redes de relacionamentos, de produção, sociais, etc. para fortalecer seus modelos de produção. Observa-se também, em Los Lagos, a presença de coesão territorial junto com a produção de mel, o que reforça a importância da conectividade entre os produtores e o espaço onde estão inseridos, pois a sociedade civil precisa se sentir incluída no local, ou seja, é importante que a população exerça sua territorialidade para assim se sentir parte do espaço em que ocupa.

O projeto da FIC - Apícola, denominado: “INNOVACION PARA EL DESARROLLO DEL EMPRENDIMIENTO EN PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE LA REGION DE LOS LAGOS” leva oportunidades de desenvolvimento pessoal e social, fazendo que os artesãos deficientes sejam valorizados e tenham seus trabalhos reconhecidos e fomentando a coesão social, um fator representativo no desenvolvimento local que, na região de Los Lagos, se mostrou enfraquecida. As organizações comunitárias auxiliam na manutenção da coesão social, à maneira que se exerce a autonomia. O interesse chega ao Governo Regional, pois a geração de emprego é importante tanto para o desenvolvimento como para o crescimento econômico. A participação dos agentes econômicos, sociais e políticos no Tecido Sócio-Produtor (forma abstrata do modo de produção acrescido do vínculo social) transfigura o caráter mercadológico em um caráter mais social, articulador e democrático.

Los Lagos possui, ainda, capacidade de integração política e social dos atores envolvidos, através dos Arranjos Produtivos Locais, o que mantém a união entre a sociedade civil e o território.

A região possui um alto valor agregado ao seu mel porque a apicultura tem forte influência no setor produtivo, o que se traduz num processo de inclusão econômica e valorização de seu produto. O mel é consumido na própria região ou vendido para outras, que faz com que se conectem a produção local, o consumidor e o participante da sociedade civil. O interesse econômico se mostrou eficaz porque, no que tange a inclusão social, ele efetua a geração de emprego e renda. Ainda no âmbito da inclusão social, o projeto FIC valoriza e integra, na produção manual, artesãos com deficiências. Tal medida acaba por promover as diversidades no setor produtivo e social, além de dar autonomia individual aos artesãos, o que sustenta e fortalece os laços sociais, produtivos e locais do projeto FIC, levando à uma inclusão política no que alcança a identificação do indivíduo como ator da sociedade civil. Quando um cidadão se identifica como parte daquele local, o processo de participação dentro do território tende a aumentar, assim, propiciando uma elevação nos critérios de controle social.

Em relação a inclusão institucional, embora a Universidade de Los Lagos pesquise inovações e técnicas ao projeto FIC para um melhor desenvolvimento produtivo, é o próprio projeto que financia os equipamentos, o que demonstra fraca inclusão do Estado no custeamento desses equipamentos. Quanto à inclusão tecnológica, a expansão de novas tecnologias produtivas tem sido efetiva, devido às pesquisas e inovações, assim, ampliando a possibilidade de novos produtos oriundos do mel serem introduzidos no mercado. O desenvolvimento e incremento de variedades oriundas da produção de mel (mel em pó, o mel orgânico, o verniz de própolis, o mel pasteurizado, a própolis e o pólen) integra os produtores do projeto à competitividade de mercado, enquanto amplia o consumo de mel aos atores da sociedade civil. O mel orgânico, por sua vez, possui uma característica indispensável ao âmbito da sustentabilidade, que é a produção orgânica. Produtos naturais, oriundos do cultivo puro do mel são a base para a construção de um arranjo produtivo local que se envolva com a inclusão ambiental.

4.2 IMBABURA

Imbabura é uma província do Equador que está situada na região geográfica de Sierra. O território de Imbabura, por seu clima seco, é considerado ideal para turismo de aventura, pesca, contato com a natureza e seus artesanatos são de extrema valorização internacional. Além de possuir uma importante capacidade hoteleira, Imbabura possui reservas ecológicas, ruas de paralelepípedos, chamando atenção para um estilo histórico e casas no estilo colonial. As atividades econômicas de Imbabura são puxadas pelo artesanato, confecção de roupas e artigos de couro, do qual serve como base exportadora da província.

Além de possuir um grande centro industrial que é o engenho de açúcar de Tababuela. A seguir um mapa da região de Imbabura:

Figura 2: mapa da Região de Imbabura

Fonte: Google Maps

No que se trata da Gestão e Controle Social, observa-se na província de Imbabura uma atuação bastante favorável tanto dos gestores públicos quanto da sociedade civil organizada. A começar pela forma de participação em políticas públicas, onde foi observado dentro do território o Centro de Formação Têxtil capaz de mobilizar a sociedade civil em se capacitar e buscar oportunidade de trabalho e melhoramento das suas competências, além dos órgãos públicos financiarem projetos que possam facilitar essa inserção cidadã nos processos econômicos e também sociais.

Foi observado estruturas institucionais de controle social bem desenhadas que dão suporte à população nos processos decisórios, que são os conselhos gestores. Estes possibilitam que a sociedade civil tenha mais autonomia quanto a participação nos processos políticos e atuação mais ativa dentro do território. Destaca-se os conselhos paroquiais e conselhos de bairros. Criou-se, por exemplo, a Assembleia Cantonal. Um espaço institucionalizado onde ocorre a participação social de forma direta, seja para os setores organizados, seja para os setores não organizados. E ainda está presente a Confederação Nacional de Organizações e Comunidades (CONAE), que representa a comunidade indígena e outros povos presente no território. A atuação da sociedade civil está tão presente na região de Imbabura que a população atua também no orçamento participativo dentro das assembleias paroquiais. Neste caso, qualquer planejamento orçamentário que seja feito pelo município, passa pelo consentimento e aprovação da população. Esses espaços permitem ainda que os cidadãos obtenham um melhor acesso a informação, através das reuniões que acontecem de forma convencional. Tudo o que é gasto, tudo o que o governo recebe, tem sido repassado para a sociedade com o objetivo de colaborar com a transparência. Esta iniciativa parte tanto do poder público local, como também da sociedade. Em Imbabura, segundo o relatório do Pró-Integração, há uma forte comunicação e diálogo entre as autoridades e comunidade local. Os conselhos ainda possuem a característica de abarcar o conjunto de povos tradicionais presentes no território, sejam os trabalhadores, os comerciantes, indígenas, entre outros. Um exemplo bastante significativo foi a atuação da sociedade civil na criação de uma empresa municipal de água potável. A população não concordava que a gestão da água fosse privatizada. Nesse caso, através de suas reivindicações, criou-se uma empresa no sentido misto, ou seja, a empresa atende ao mercado, porém, com um viés bastante social e participativo, pois é gerenciada pelo governo municipal.

As instituições públicas também oferecem suporte ao controle social. Destaca-se na Região de Imbabura as Federações provinciais e as universidades capazes de proporcionar conhecimento e melhor desenvolvimento dos cidadãos equatorianos. Todas essas iniciativas por parte das instituições públicas, a iniciativa privada e também a sociedade civil resultam no bem comum, onde na região ocorre o baixo desemprego, baixa taxa de analfabetismo e também uma forte valorização das culturas tradicionais. Essa

mobilização em conjunto resulta num pluralismo ativo, ou seja, tanto os atores políticos, atores das atividades produtivas e atores sociais contribuem com o desenvolvimento territorial, além de propiciarem uma igualdade participativa devido as estruturas de participação serem horizontalizadas.

Quanto às Redes e APL, é observado no contexto de Imbabura uma sinergia entre os atores envolvidos no processo de desenvolvimento local. Um forte contribuinte para essa relação são as competências individuais e específicas dessa localidade. Nesse sentido, a forte concentração da atividade têxtil e artesanal contribui para a formação de aglomerações, onde estão inseridas as atividades econômicas de produção têxtil. A produção têxtil é um diferencial porque as pessoas aprendem o que é um tecido, seus tipos, o que é uma indústria têxtil, ou seja, elas são imersas nessa atividade produtiva, é recebida uma valorização desta atividade que faz com que seja considerada uma forte atividade econômica da região. O centro de Desenvolvimento Produtivo, por exemplo, que está inserido nas instalações fabris, é onde ocorre os treinamentos, laboratório, desenvolvimento dos produtos que venham ser artesanatos, roupas, couro, entre outros produtos que fortalecem o surgimento de cluster produtivo, que também pode ser analisado pela ótica dos Arranjos Produtivos Locais. Percebe-se, então, que as universidades presentes na região, junto ao centro produtivo, contribuem para a inovação dessa atividade. Assim, ao analisar a experiência ocorrida em Imbabura, nota-se que o território possui alta competência em confecções de roupa, produção de tecelagem em lã, tapeçarias, e outros produtos oriundos da produção têxtil.

Com esse ambiente propício ao desenvolvimento em redes, observa-se também nesta região ligações tangíveis e intangíveis. Tangíveis devido a produção de diversos bens oriundos de uma mesma atividade. Que nesse caso temos todo o complexo da atividade têxtil com a produção de lã, couro, roupas, como já foi citado. Inclusive esses são exportadas para outros países. Intangíveis pois o centro de formação têxtil e a cidade do conhecimento contribuem para que os atores inseridos nesse processo de produção tenham condições de desenvolver esses produtos através da capacidade técnica e do saber fazer. Observou-se que a cidade do conhecimento surgiu como forma do governo central de Imbabura proporcionar para a população foco em pesquisa, inovação e produção do conhecimento através das universidades presentes. Assim, os diversos povos que estão inseridos nessa localidade, cada um com sua competência específica pode contribuir nesse complexo produtivo, o que caracteriza uma inteligência coletiva, ou seja, os pescadores, os indígenas, os artesãos, juntos, colaboram cada um com sua competência específica no desenvolvimento dessas atividades de produção. Resultado dessa interação é formação de redes que está presente no território de Imbabura. Seja a agricultura, silvicultura, a pesca, produção têxtil, ou outras atividades, todas contribuem para uma cadeia produtiva presente na localidade. Isso devido a toda matéria-prima resultar em produtos que são comerciáveis não só dentro da região, mas também que servem de produtos para exportação, o que movimenta a economia regional equatoriana.

É possível perceber que há uma coesão territorial em Imbabura, ou seja, todo o aspecto físico da região, clima, ambiente, aspectos geográficos, contribuem para que haja essa sinergia entre o território e a população. Além de possibilitar uma coesão social, pois juntos aos aspectos geográficos, a população por ser heterogênea, ou seja, possuir nações originárias, povos indígenas, e ambos terem boa capacidade de participação, como já foi visto, contribuem para a sinergia entre os indivíduos dessa localidade e o território.

Assim, quanto a capacidade de atuação em rede entre os atores dessa localidade, percebe-se que tanto os agentes econômicos, sociais e políticos estão atuando em conjunto para não só o crescimento econômico, mas também para o melhoramento da qualidade de vida e ainda uma maior valorização do território. Em outras palavras, o comércio é aberto e atrativo permitindo que os povos, com suas especificidades possam produzir; os atores políticos promovem políticas públicas de atuação integralizada; e a sociedade civil participa desse processo. Essa atuação em conjunto caracteriza a atuação em rede na região de Imbabura.

Quanto ao critério de Sustentabilidade, nota-se um processo bastante inclusivo, principalmente ao nos depararmos com o conceito multidimensional de Sach. A região de Imbabura, por todo o seu contexto, seja pelo aspecto geográfico, econômico, ambiental e social, possui aspectos bastante inclusivos quanto ao conceito de sustentabilidade. A começar pela inclusão econômica onde as atividades produtivas possuem uma abertura não só do ponto de vista da produção de bens e serviços, mas também por entender que a diversidade de povos e nações originárias fazem parte desse processo de produção. Assim, a inclusão social é percebida, pois valoriza-se nesse território a agricultura familiar, com a produção de milho, açúcar; e os artesãos, com a produção de lã e tecido. Quando se trata da inclusão ambiental, a produção agrícola, por exemplo, é focada na produção orgânica, minimizando danos ambientais e também danos ao consumo. Quanto a inclusão institucional, percebe-se no território uma sinergia entre as universidades e poder público local na promoção de políticas públicas e ações com o objetivo de proporcionar o bem comum para a população. Nota-se que a sociedade se sente representada e possui uma identidade forte

com o território atuando ativamente nos processos decisórios, ocasionando uma inclusão social e política. Por fim, quanto a questão da inclusão tecnológica, tem-se na localidade a Fábrica de Imbabura e a Cidade do Conhecimento que contribuem para a inovação tecnológica e melhor capacidade técnica da produção. A fábrica atua na inovação de bens e novas formas de produção quanto a Cidade do conhecimento atua na formação de profissionais qualificados que possam atuar também numa produção mais inovadora.

4.3 BAÍA DA ILHA GRANDE

O Território da Baía da Ilha Grande tem em sua composição seis municípios, que são: Seropédica, Itaguaí, Paraty, Angra dos Reis, Mangaratiba e Rio Claro. Uma das características mais marcantes do BIG são as diversidades de biomas existentes, além da presença de Áreas de Preservação Ambiental, o que faz com as atividades econômicas sejam movidas pelo turismo em alguns dos municípios. No interior desses espaços percebe-se também a presença de povos tradicionais: pescadores, quilombos e reservas indígenas. Pode-se notar também a presença de agricultores familiares e família de assentados. Com essa diversidade de atores e de ambiente, torna-se propício o surgimento de Aglomerações resultantes nos Arranjos Produtivos Locais que tanto corroboram com o desenvolvimento endógeno. A seguir um mapa da região da Baía da Ilha Grande:

Figura 3: Mapa da região da Baía da Ilha Grande

Fonte: Google Maps

Ao analisar o critério: “Gestão e Controle Social” no âmbito da Baía da Ilha Grande (BIG), buscou-se identificar as formas de participação social em políticas públicas. E neste sentido, o território da BIG apresenta um histórico institucional de políticas públicas oriundas do extinto Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA). Uma das ações do MDA no território, instituiu a formação do Colegiado Territorial da Baía da Ilha Grande.

O Colegiado Territorial foi estruturado como uma instância de cunho deliberativo para articular os agentes sociais locais, e, promover a inclusão participativa nos processos de planejamento, implementação e avaliação das políticas de cunho territorial. Desde maio de 2016 as políticas vêm sendo implementadas pela Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAD). Uma secretaria do governo federal, que está inserida na Casa Civil. Tal ruptura, desarticulou a institucionalidade das políticas territoriais promovidas pelo Governo Federal brasileiro, e ao mesmo tempo, deixou grande parte destas, sem a sua substancialidade territorial.

Neste sentido, também se identificou a organização das estruturas institucionais de controle social no território da BIG. E a principal instância de controle social na Baía da Ilha Grande é o Colegiado Territorial da BIG, que teve sua origem com a formulação da política dos Núcleos de Extensão e Desenvolvimento Territoriais (NEDETs). O NEDET buscou promover uma articulação entre: Universidade, instituições públicas (como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; e sociedade civil local, através das associações, cooperativas de produtores rurais ligados a agricultura familiar,

representantes de populações tradicionais. E busca atuar: “por meio de projetos de extensão na assessoria aos Territórios da Cidadania” (MDA, 2018, p. 01). Apesar do fim da política dos NEDETs em 2016, a organização do Colegiado Territorial da BIG se manteve. A figura abaixo apresenta um esquema dos diferentes segmentos que compõem o Colegiado Territorial da Baía da Ilha Grande:

Figura 4 - Composição do Colegiado Territorial da BIG:

A respeito dos movimentos sociais presentes no território da BIG, pode-se elucidar duas categoriais principais: 1) os institucionalizados; e 2) os não institucionalizados.

Sobre os movimentos sociais institucionalizados, alguns movimentos locais podem ser elencados: o Movimento Sem Terra (MST), Sindicatos Rurais, Associações e Conselhos Comunitários, Associações de Pescadores (como a Associação de Pescadores da Ilha da Madeira).

Também se elucidam os movimentos sociais não institucionalizados. Como movimentos não institucionalizados, Sherer-Warren (2006) conceitua como aqueles movimentos que se organizam como coletivos informais, sem nenhuma ou pouca capacidade de institucionalidade. Ou seja, de forma simplificada, não possuem registros ou atas, sedes institucionais, ou reconhecimento de funcionamento por órgãos públicos.

O “Movimento dos Caras de Cavalo”, em Itaguaí é uma exemplificação de movimento social não institucionalizado, pois foi a expressão da articulação de setores da sociedade civil que se mobilizaram para pressionar a Câmara dos Vereadores de Itaguaí pela cassação do então prefeito. Como denota Francisco (2016): “O mesmo estava sobre investigação por ter sido beneficiado pelos esquemas de desvios públicos e ter comprado um haras com o dinheiro desviado dos cofres do município” (FRANCISCO, 2016, p. 147). Neste sentido, a mobilização do grupo se deu na própria Câmara Municipal, onde o grupo participava das plenárias da casa com máscaras de cavalos. Com o objetivo de cobrar o não arquivamento do processo pela Comissão Especial Processante.

Outro movimento social não institucionalizado, mas que também promoveu ações de controle social no território é o Movimento de Resistência da Ilha da Madeira. Promovido pela resistência de cerca de 30 moradores da comunidade da Vila do Engenho, que não aceitaram ser retirados de suas localidades devido à chegada do Porto Sudeste no município de Itaguaí. Este movimento social, acionou por diversas vezes órgãos de controle do judiciário, como Ministério Público Estadual (MP), com vista à garantir seus direitos à água, luz e contra desapropriação dos imóveis devido a construção do referido porto.

No que diz respeito aos órgãos de controle do Estado no território da BIG que promove ações de controle social, pode-se elencar alguns atores com atividades regulares, como: a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), os Conselhos Comunitários de Itaguaí, e alguns Conselhos Municipais que se destacam por apresentar um tecido social dinâmico e com atividades de controle dos atos públicos. No caso dos

conselhos municipais de políticas setoriais, pode-se destacar os Conselhos Municipais de Alimentação Escolar de municípios como Mangaratiba e Paraty.

Outro agente de controle social local é a própria instância do Colegiado Territorial da BIG, que congrega diversas representações sociais dos municípios que fazem parte da Baía da Ilha Grande.

Cabe destacar que algumas instancias que deveriam ser ativas no controle dos atos públicos e no acompanhamento dos processos de implementação das políticas públicas no território, acabam não promovendo seus papeis.

Buscou-se ainda, compreender como se dá o processo de autonomia no âmbito do território da BIG. Como denota Villela (2012) a autonomia está relacionada à equidade social diante dos espaços e processos de atuação participativa. Neste sentido, o Colegiado Territorial da BIG se apresenta com um espaço que promove a articulação de deliberações e ações de forma bastante simétrica entre: poder público (prefeituras), instituições de pesquisa e extensão rural, e sociedade civil (cidadãos).

Faz-se necessário destacar dois aspectos relativos à autonomia deliberativa no âmbito do Colegiado da BIG. O primeiro é que apesar do espaço de falar ser aberto, denota-se que grande parte das origens das proposições dos debates advém da articulação promovida pelos componentes da UFRJ. E também, de lideranças institucionais de alguns órgãos que compõem o colegiado, como: Instituto de Terras e Cartografia do Estado do Rio de Janeiro (ITERJ), o Parque do Cunhambebe, e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias (EMBRAPA). O segundo é que no que diz respeito à autonomia da sociedade civil, as iniciativas de falas e proposições se manifestam, principalmente, de alguns mesmos sujeitos. Já como espaços de construção de falas coletivas do colegiado, dois grupos ganham destaque: o grupo de jovens, ligados ao “Projeto de Formação de Jovens em Agroecologia”, e as agricultoras de Mazombinha (Itaguaí-RJ).

O acesso à informação e a comunicação dos agentes locais, no caso da BIG, se dá fundamentalmente, por meio das reuniões do Colegiado Territorial. As reuniões do colegiado ocorrem de forma itinerante, pelos municípios que compõem o território. Fato que busca promover um maior diálogo e capacidade de articulação do espaço deliberativo do Colegiado com os diferentes agentes que o compõem. As reuniões do Colegiado da BIG são realizadas periodicamente, quadrimestralmente ou trimestralmente, e em dias alternados da semana, para que possa atender o maior número de participantes possível.

A respeito da categoria “diálogo/processo de discussão”, a região da BIG apresenta espaços públicos consultivos e de controle social em diferentes institucionalidades. As reuniões do Colegiado Territorial, já citadas anteriormente; as reuniões dos Conselhos Comunitários de Itaguaí e dos Conselhos Municipais de Políticas Públicas. Vale destacar que a promoção destes espaços de forma regular tende a articular nestes espaços para vozes de diferentes movimentos e organizações sociais. Uma característica relevante da esfera pública, no sentido de articular as ações e os interesses de diversos segmentos sociais.

No que diz respeito à categoria “Bem Comum”, pode-se destacar que as iniciativas em torno do Colegiado Territorial da BIG tem como foco a valorização das atividades e da cultura rural baseado na agricultura familiar, assim como dos aspectos identitários históricos que permeiam o território.

Outro ponto analisado foi a “igualdade participativa”. As estruturas participativas da BIG são horizontais. E apresentam esferas públicas dinâmicas com um tecido social bastante diverso e com canais de participação abertos a fala e a escuta.

Já no tocante a categoria “pluralismo”, buscou-se identificar a partir das experiências analisadas, quais são os agentes que participam dos espaços de gestão e controle social já citados anteriormente. A respeito do caso da Baía da Ilha Grande, nota-se que as composições dos espaços deliberativos do território, de maneira geral, apresentam um alto grau de pluralidade.

Buscou-se, ainda, analisar os elementos que configuram as “redes e os arranjos produtivos locais” no âmbito da BIG. De acordo com este segundo critério analítico, foram subdivididas as seguintes categorias de análise: 1) Saber Fazer Local/Competências, 2) Aglomerações, 3) Inovações, 4) Ligações Tangíveis, 5) Ligações Intangíveis, 6) Inteligência Coletiva, 7) Redes Conectadas, 8) Cadeias Produtivas, 9) Agentes Econômicos, Políticos e Sociais, 10) Coesão Social, e, 10) Coesão Territorial.

O “saber fazer local” está diretamente associado as competências que o território em questão possui. No caso BIG, foram identificadas algumas capacidades próprias do território ligadas as questões: da agricultura (inclusive orgânica/agroecológica) e do processamento destes produtos.

As principais “aglomerações” identificadas na região da BIG foram: produção de bananas e produção de cachaça. Os municípios do território em questão são fortes produtores de bananas, inclusive de bananas orgânicas. E também apresentam forte articulação entre a produção do produto e canais de beneficiamento, um exemplo é a Agroindústria Pacová, do município de Paraty. Outros canais de beneficiamento e distribuição de bananas são identificados, como por exemplo: na Feira de produtos orgânicos da UFRRJ; e, nos canais de venda de cestas das agricultoras de Mazombinha.

Outra aglomeração produtiva presente na BIG está ligada à produção de cachaça. Esta aglomeração é identificada com laços mais fortes no município de Paraty. Onde diversos produtores locais possuem um histórico de produção e comercialização do produto, inclusive, buscando a construção de uma marca com identidade original. No ano de 2007 a cachaça local passou a ser identificada pelo selo de Indicação de Procedência (INPI, 2016). Alambiques tradicionais do município, como a Cachaça Maria Izabel remontam à história colonial brasileira, e as formas de produção tradicionais da cultura caiçara local. Inclusive, todo o circuito em torno da comercialização do produto ganhou maior evidência com a construção do: “Festival da Cachaça, Cultura e Sabores de Paraty”.

Outra categoria analítica analisada são os processos de “inovação” e as instituições que promovem uma articulação com as ações inovativas no território. A respeito da BIG, foram identificadas instituições como: a EMBRAPA, a UFRRJ, a EMATER e o ITERJ.

As “ligações tangíveis” na BIG foram identificadas na produção de alimentos (como o coco, a banana, legumes e verduras). Já no tocante as “ligações intangíveis” no território, identifica-se a configuração de uma rede sócio técnica e a transferência de tecnologias entre as aglomerações e circuitos produtivos apresentados anteriormente.

Com relação a “inteligência coletiva” na BIG, observa-se uma ampla gama de culturas e produtos relacionados aos saberes tradicionais locais. As comunidades tradicionais no âmbito da BIG (quilombolas, indígenas e caiçaras) apresentam artesanatos e produtos ligados aos seus saberes históricos: a pesca artesanal, a produção orgânica de banana e coco, a produção de cocadas e doces como comidas típicas tradicionais, são exemplos de elementos que remontam à uma inteligência socializada por estas comunidades.

Em relação as “redes conectadas”, nota-se que as políticas públicas de cunho territorial possuem um forte traço de integrar as redes produtivas no caso da BIG. As políticas do Programa de Aquisição de Alimentos (PPA), por exemplo, articulam agricultores familiares locais com instituições públicas como escolas; o Programa Nacional da Alimentação Escolar (PNAE). As feiras e circuitos de comercialização, como por meio de cestas, também promovem redes entre os agricultores locais e os consumidores.

As “cadeias produtivas” estão diretamente associadas à produção de materiais primas do território.

Segue a tabela que irá nortear toda a análise dos resultados:

Tabela 2 – Análise comparativa dos territórios escolhidos

Critérios de Análise				
Los Lagos		Imbabura		BIG
Critério 1: Gestão - Controle Social	Formas de Participação em Políticas Públicas	Projeto FIC	Centro de Formação Têxtil	MDA
	Estruturas Institucionais de Controle Social	Governo da região de Los Lagos e Universidades	Conselho Provincial	NEDET/Colegiado BIG
	Órgãos de Controle do Estado	Universidade do Chile; Universidade de Los Lagos; Ministério da Agricultura	Confederações Locais; Cidade do conhecimento	UFRRJ; Prefeituras
	Autonomia	Organizações comunitárias	Conselhos paroquiais; conselhos de bairros; federação indígena	Colegiado Territorial do BIG

(continuação ...)

Tabela 2 – Análise comparativa dos territórios escolhidos

Critérios de Análise				
	Los Lagos		Imbabura	BIG
	Acesso a Informação	Através de reuniões	Através de reuniões dos conselhos presentes e da pressão popular através das instituições públicas	Através de reuniões do Colegiado e conselhos municipais
	Diálogo/Processo de Discussão	Crise de confiança da sociedade civil	Atuação em conjuntos dos povos tradicionais, trabalhadores e comercio. Todos atuam nas decisões	Reunião do Colegiado; Conselhos de Políticas Públicas
	Bem Comum	Identificação geográfica; organização produtiva da sociedade civil	Baixo desemprego; baixa taxa de analfabetismo; valorização das culturas tradicionais	Valorização de atividades culturais com identidade à localidade
	Igualdade Participativa	Estrutura hierarquizada	Estruturas horizontais	Estruturas horizontais
	Pluralismo	Pouca participação da sociedade civil	Há uma mútua participação entre os atores locais	Pouca participação da sociedade civil
Critério 2: Redes e APL	Saber Fazer Local/Competências	Apicultura; processamento	Atividades Artesanais; agricultura	Agricultura; processamento
	Aglomeração	Cadeia produtiva do mel	Fábrica de Imbabura; produção textil	Produção de bananas; produção de cachaça; cocadeiras
	Inovação	Desenvolvimento e transferência de tecnologia; FIC-R	Fábrica de Imbabura; Universidades	EMBRAPA; EMATER; UFRRJ
	Ligação Tangível	Tecnologia de produção de mel	Lans, couro, roupas	Produção de alimentos
	Ligação Intangível	Desenvolvimento de tecnologia	Cidade do Conhecimento; Centros de Formação Têxtil	Rede Socio Técnica/Transferência de tecnologia
	Inteligência Coletiva	Diversidades de produtos advindos da apicultura	Povos tradicionais com atividades específicas (artesanato, produção têxtil)	Comunidades Tradicionais; cocadeira; pesca; banana; produção orgânica
	Redes Conectadas	Artesãos; produtores de mel;	Agricultura; Pesca; Silvicultura; comercio	PNAI; PAA; Feira Orgânica
	Cadeias Produtivas	Etapas da produção do mel completa	Produção da matéria prima; artesanato	Produção de matéria prima

(continuação ...)

Tabela 2 – Análise comparativa dos territórios escolhidos

Critérios de Análise				
Los Lagos		Imbabura		BIG
	Agentes Econômicos, Políticos e Sociais	Produtores de mel; governo com o financiamento do projeto; artesãos e inclusão da sociedade civil	Comércio, sociedade civil com os povos tradicionais	APL; Instituições Públicas; Conselhos; NEDET
	Coesão Social	Pouca participação nos processos decisórios	Boa participação nos processos decisórios	Pouca participação nos processos decisórios
	Coesão Territorial	Coesão do aspecto geográfico com a produção de mel	Sinergia entre território e sociedade civil	Conflito de megaempreendimentos com o território
Critério 3: Sustentabilidade	Inclusão Econômica	Forte agregação de valor ao mel	Abertura as atividades artesanais (produção têxtil), bordados, tecelagem	Turismo rural; produção orgânica
	Inclusão Social	Valorização de pessoas com deficiência na produção manual (artesãos); geração de emprego e renda	Valorização da agricultura familiar (produção de milho, açúcar)	Estimula-se a produção, resgate da identidade
	Inclusão Ambiental	Produção orgânica	Conscientização ambiental	Conflitos ambientais;
	Inclusão Institucional	Financiamento de equipamento e inovação fica a cargo do projeto	Existe uma interação das universidades, instituições públicas locais	Presença das universidades em parceria com a gestão pública
	Inclusão Tecnológica	Variedade na produção de mel. Mel orgânico; mel em pó; verniz de própolis;	Fábrica de Imbabura atua com inovação e desenvolvimento tecnológico	Tecnologias sociais e formação em rede
	Inclusão Política	Identidade como cidadão, porém pouco participa na política	Forte atuação da sociedade civil nos processos políticos decisórios	Identidade da sociedade civil, porém os espaços participativos não corroboram com a inclusão política

Fonte: Elaboração própria dos autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas com base no critério: “Gestão e Controle Social” é relevante destacar os papéis das diferentes estruturas de controle social identificadas nos casos latino-americanos. Em Los Lagos e em Imbabura estas estruturas são apresentadas a partir de institucionalidades com fortes ligações com o poder público, a saber: a Universidade de Los Lagos, no Chile, e o Conselho Provincial, no Equador. No caso da Baía da Ilha Grande se destacam os espaços institucionalizados que se constituem como canais deliberativos entre o poder público e a sociedade civil organizada: os conselhos municipais, conselhos comunitários e o Colegiado Territorial da BIG denotam tal característica. Onde o controle social se materializa a partir de esferas deliberativas onde se articulam a formulação e a implementação de políticas territoriais, e, também, as ações de agentes locais como os agricultores familiares e os movimentos sociais.

As reuniões de espaços deliberativos, contudo, aparecem como o elemento comum onde os agentes territoriais promovem as articulações segundo a territorialidade definida em seus espaços construídos. Tanto nos casos do Chile, do Equador e do Brasil, a dinâmica de interação dos agentes locais é muito forte.

E guardadas as suas especificidades, o acesso à informação é promovido nestes espaços. No tocante à igualdade participativa junto aos espaços deliberativos, em Los Lagos, foi identificada uma estrutura participativa mais hierarquizada, e com menor parcela e atuação da sociedade civil. Nos casos de Imbabura e BIG os processos participativos se apresentaram mais horizontais.

De maneira geral a perspectiva das ações locais em torno do bem comum no caso chileno estão ligadas diretamente à promoção de uma identidade geográfica e produtiva da região de Los Lagos. Enquanto, no caso equatoriano, as ações conjuntas se orientam à promoção da cultura local. E a promoção de bons indicadores sociais como a baixa taxa de analfabetismo. De forma próxima, a BIG apresenta ações no sentido de fortalecer a cultura tradicional local, principalmente a agricultura familiar e atividades voltadas à agroecologia. E promovendo formas de resistência das comunidades tradicionais locais frente ao processo de desterritorialização local.

Considerando o aspecto das Redes e APLs, Imbabura mostra um resultado satisfatório pois há uma coesão social dentro de seu território, o que se traduz na realização de um desenvolvimento social e territorial. Por outro lado, Los Lagos e BIG possuem baixa e média participação social, respectivamente, o que enfraquece os laços do tecido social e produtivo.

A produção, em ambas regiões, se realiza em redes conectadas e cadeias produtivas. Em Los Lagos, os produtores de mel mantêm fortes laços sociais, assim como os artesãos locais. Do mesmo modo funciona a agricultura e a silvicultura em Imbabura e a feira orgânica da BIG. Porém, ambos conceitos retomam à inteligência coletiva. Esta, por último, se processa estimulando a capacidade das redes e cadeias desempenharem juntas em prol da produção. Para que haja redes conectadas é de suma importância a presença de aglomerações, que por sua vez, em Los Lagos, se traduz na cadeia produtiva de mel; em Imbabura, nas fábricas e na produção têxtil; na BIG em produção de banana e cachaças. Tais aglomerações são altamente coesas e participativas.

As aglomerações são capazes de transferir o saber-fazer entre os agentes sociais produtivos, fazendo com que a rede produtiva se mantenha e se fortaleça com os conhecimentos e as ligações passadas. Em Los Lagos, o saber-fazer se encontra na apicultura; em Imbabura, na agricultura e em atividades artesanais; e por fim, na região da BIG, está na agricultura e produção orgânica.

Como ligações tangíveis, são interpretados os conhecimentos materiais desenvolvidos que, em Los Lagos são as tecnologias de produção de mel, em Imbabura são produtos têxtil (Lãs, couros e roupas), e na região da BIG é a produção de alimentos. E, como ligações intangíveis, temos o desenvolvimento de conhecimento técnicos que levam ao desenvolvimento das ligações tangíveis. Em Los Lagos foi analisado o desenvolvimento de tecnologia, em Imbabura são os Centros de Formação Têxtil, na BIG se encontram as Redes Sócio técnicas e as transferências de tecnologias.

No âmbito territorial, a coesão se apresenta em aspectos entre os territórios das regiões analisadas. Em Los Lagos, a coesão territorial está intimamente ligada com a produção de mel; em Imbabura, a coesão está na sinergia entre território e sociedade civil. Já na BIG ocorre um conflito entre os megaempreendimentos e o território.

Os agentes econômicos sociais e políticos analisados na região de Los Lagos foram os produtores de mel, os artesãos e o governo com financiamento do projeto FIC. Em Imbabura, esses agentes foram os comerciantes e a sociedade civil com os povos tradicionais do território. Na BIG, as instituições públicas, os APLs e Conselhos.

Considerando o aspecto da sustentabilidade no que tange os três territórios, percebe-se que ao observar o fator da inclusão econômica, Los Lagos dá um passo importante com a produção de mel possibilitando um processo de desenvolvimento endógeno, assim também favorecendo uma melhor inclusão social, pois a sociedade civil se sente parte desse processo. Los Lagos valoriza, por exemplo deficientes na produção de artesanato gerando emprego e renda para a população como um todo. Assim, favorece também uma inclusão ambiental devido a conscientização dos produtores na produção de mel orgânico.

Imbabura possui características diferentes devido a sua atividade de produção ser têxtil e artesanal. Porém, também ocorre tanto uma valorização das atividades deste tipo de produção, como também uma valorização na agricultura familiar. Imbabura produz roupas de couro, lã, mas também tem uma produção orgânica de milho e açúcar favorecendo a inclusão econômica, social e ambiental.

Já o território da BIG, através de alguns municípios, como Paraty e Angra dos Reis, por possuírem características favoráveis ao turismo, é esta atividade que faz com que esses municípios possam se desenvolver. Porém, não é uma realidade da região como um todo. Então, tanto do ponto de vista da

inclusão econômica como também da social, este território ainda está no campo do engajamento, ou seja, até possui características relacionadas ao desenvolvimento sustentável e a algumas boas formação de APLs, como as chocadeiras de Angra e o forte turismo em Paraty, porém, um tanto distante do ideal quando se comparado à região de Los Lagos e Imbabura. A BIG ainda enfrenta conflitos ambientais devido as grandes empresas não estarem alinhadas ao processo de desenvolvimento ambiental. O que ocorre é um desenvolvimento exógeno, ou seja, as empresas se instalam dentro dessas localidades e não consideram ou incorporam o conceito de sustentabilidade proposto neste trabalho.

Ao observar a inclusão institucional nesse processo, Los Lagos conta com o financiamento do projeto FIC na obtenção de equipamentos e inovação. Pode-se elucidar uma atuação ativa das instituições públicas e privadas no processo de desenvolvimento de Los Lagos. Porém, ainda que haja essa interação dentro do projeto FiC, notou-se que Los Lagos carece de inclusão política, ou seja, essas instituições ainda caminham rumo a uma participação social mais efetiva. O cidadão até se sente parte do ambiente, mas pouco participa do processo de decisão política da região.

Imbabura tem um cenário bastante otimista quando essa relação institucional e política. Tanto as universidades quanto o poder público local corroboram com o desenvolvimento sustentável. Auxiliam na produção do conhecimento por conta da oferta de cursos e melhor capacitação da população de Imbabura que desejam atuar na produção têxtil, mas também há no território uma ativa decisão da sociedade civil quando a participação social. Notou-se, então, que a população está presente nas decisões públicas dentro das assembleias e conselhos dentro da região.

Já a BIG também conta com uma boa atuação das instituições públicas, através do Colegiado da Baía da Ilha Grande com professores e alunos da UFRJ contribuindo no resgate da identidade local do território e também estimulando a produção orgânica devido as características internas da região. Quanto a atuação social, a BIG até consta com espaços participativos, como os conselhos gestores que estão bastante presentes no território, mas esses espaços não produzem a inclusão política. Nesse sentido, nota-se uma desarticulação entre poder público e sociedade civil.

Por fim, a inclusão tecnológica que está bastante presente em ambas as regiões. Em Los Lagos, por exemplo, tem um incentivo à inovação para a produção de diferentes produtos do mel. Tem-se na localidade o mel orgânico, o mel em pó, verniz de própolis, entre outros produtos que são consequências desta inclusão tecnológica no território.

Em Imbabura observou-se que a Fábrica de Imbabura é quem atua no processo de inovação. Dentro desses espaços ocorre cursos, capacitações técnicas na produção têxtil e artesanal. Além da região contar com a cidade do conhecimento, que são as universidades atuando no processo de inovação e conhecimento para a população local.

O caso da BIG é interessante, pois consta ao observar a experiência local uma tecnologia social, principalmente pela atuação do Colegiado, onde eles oferecem cursos, treinamento e executam diversos projetos que visam proporcionar para a população local uma mudança de impacto social, além de corroborar e fortalecer as relações em rede dentro do território.

REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Territórios da Cidadania. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/3638408.pdf> Acessado em: 27 de agosto de 2017. Ministério do Desenvolvimento Agrário. 2018.
- [2] Britto, J. Cooperação interindustrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. Rio de Janeiro: Campus; Elsevier, 2002.
- [3] Boff, L. Sustentabilidade: o que é - o que não é. 5. Ed. revisada e ampliada. Petrópolis: Vozes, 2017.
- [4] Boff, L. Sete pecados do capital. Organização: Sader. 3. Ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- [5] Bordenave, J.E.D. O que é participação. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- [6] Cançado, A. C.; Pereira, J. R.; Tenório, F. G. Gestão social: epistemologia de um paradigma. Curitiba: CRV, 2013.
- [7] Cançado; Sausen; Villela. Gestão social e gestão estratégica: experiências em desenvolvimento territorial / Organização Fernando Guilherme Tenório. Rio de Janeiro, Editora FGV, 2013.
- [8] De Fátima, C; Pasa, C. R in Gestão Social: Aspectos Teóricos e Aplicações. Organizadores Airton C. Cançado, A.C.; SIVA, J. T.; Tenório, F. G.; Ijuí. Ed. Unijuí, 2012.

- [9] Dowbor, L. Democracia econômica: alternativas de gestão social. 2. ed. atualizada. Petrópolis: Vozes, 2013
- [10] Faucheux S. ET J-F. Noël, Economie des ressources naturelles et de l'environnement, Collection U Armand Colin, Paris, 1995.
- [11] Fischer, T. Gestão social do desenvolvimento territorial como campo de educação profissional. *In*: Schommer, P. C.; Boullosa, R. de F. (Orgs.). Gestão social como caminho para a redefinição da esfera pública. Florianópolis: Udesc, 2011.
- [12] Francisco, D. N. Controle Social e Políticas de Desenvolvimento: um olhar sobre o município de Itaguaí (RJ) e a sua territorialidade face aos megaempreendimentos. Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas (Ppgdt/Ufrj) 2016.
- [13] Gallopín; Gilberto C. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico, 2003.
- [14] Horbach, J. Indicator systems for sustainable innovation. Physica-Verlag, 1º Ed., 2005.
- [15] Kuhlman, T; Farrington, J. What is Sustainability?, www.mdpi.com/journal/sustainability, 2010.
- [16] Lastres, H. M. M.; Cassiolato, E. J. Rede de pesquisas em sistemas produtivos e inovativos locais. *In*: Glossário de Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais. 4. ed. rev. Rio de Janeiro: UFRJ, 2004.
- [17] Malmegrin, M. L. Gestão de redes de cooperação na esfera pública. UFSC; Brasília: Capes: UAB, 2011
- [18] Sartorius, C. Indicators for a Sustainable Technology Development — A Dynamic Perspective, 2005.
- [19] Villela, L. E. et al. Diferentes modelos de crescimento em Itaguaí-Rj, Brasil, e província de Imbabura, Equador. *Desenvolvimento em Questão*, v. 46, p. 72-98, 2018.
- [20] Yin, R. K. Planejamento e método. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001

Capítulo 10

Entropia e ordenamento pesqueiro na Amazônia Oriental Brasileira: Usina hidrelétrica de Tucuruí e pesca no “Pé” da barragem

Mariana Neves Cruz Mello

Resumo: Este artigo tem por objetivo apresentar de que maneira a construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí promoveu processos diferenciados de mudanças entrópicas na área do Lago formado pela barragem do Rio Tocantins, tendo por consequências, de um lado, a inserção de alta entropia através da construção da Barragem, alterando a ecologia e as relações sociais locais e, de outro, construindo novas estratégias sociais de baixa entropia frente ao novo ambiente apresentado, destacando a pesca no pé da barragem como a principal estratégia econômica adotada pelos pescadores artesanais à jusante da usina hidrelétrica, frente a escassez do pescado. O artigo foi construído por meio levantamentos bibliográficos sobre os temas pesca artesanal na Amazônia, Entropia e Território, sendo realizados um total de 8 trabalhos de campo com duração de 10 dias no município de Tucuruí-PA e Breu.

Palavras-chave: Entropia; Desenvolvimento; Pesca no pé da barragem

1. INTRODUÇÃO

Desde o processo de colonização, das grandes navegações às grandes revoluções científicas, industriais e informacionais (SANTOS, 1994; 1996; 2002), há a imposição de práticas homogeneizantes¹ que suprimem as heterogeneidades² locais, as conduzindo a formas de apropriação da natureza e a relações sociais exógenas, não lhes dando a oportunidade de coexistência plena, mas de coexistência precária (HARVEY, 2005). Tal coexistência precária é acompanhada de momentos de caos, desordem social e ambiental e, por fim, pela insistente fagocitose de ontologias (LATOURETTE, 1994; 2011) diferenciadas, desordenando as coesões sociais e os contextos ecológicos existentes.

Essa relação de desordem pode ser considerada a partir de uma relação da termodinâmica, baseada em sua segunda lei, conhecida como Lei da entropia, categoria a ser melhor explicitada na seção subsequente. A entropia pode ser genericamente traduzida pela relação de desordem inserida dentro de um sistema.

A alta entropia inserida dentro da atividade da pesca tem sido associada a políticas públicas de cunho desenvolvimentista, que tem a economia como parâmetro para o desenvolvimento e classificam a atividade da pesca como uma atividade setorial, a apartando de seu caráter social e cultural, fator que invisibiliza as ontologias e os saberes e práticas associados a atividade da pesca artesanal.

Tais políticas públicas tem estimulado a extração de pescado e estimulado a tragédia dos comuns (HARDIN, 1960), orquestrada e dirigida pelo Estado brasileiro. Elencamos os grandes projetos, enfatizando a construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (UHE) como uma das principais mudanças entrópicas que ocorreu no Rio Tocantins, alterando de maneira irreversível o ambiente ecológico e social existente. O artigo foi construído por meio levantamentos bibliográficos sobre os temas pesca artesanal na Amazônia, Entropia e Território, sendo realizados um total de 8 trabalhos de campo com duração de 10 dias no município de Tucuruí-PA e Breu Branco-PA nos anos de 2013 à 2016³.

Iniciamos o artigo descrevendo categorias e conceitos essenciais para o entendimento do cenário a apresentado, para, em seguida, abordarmos as diferenças entrópicas inseridas dentro do sistema pesqueiro local, com variações na estatística de desembarque pesqueiro nas áreas a jusante e a montante da barragem e as novas estratégias, tanto políticas quanto sociais, frente ao novo contexto ecológico construído.

2. DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO, ENTROPIA E RECURSOS PESQUEIROS

A apropriação humana da superfície terrestre e dos recursos naturais disponíveis tem engendrado processos de constantes transformações entrópicas. Tais transformações foram proporcionadas, primeiramente, pelas 1ª e 2ª Revoluções industriais, iniciadas no século XVII, graças a descoberta da possibilidade da transformação de energia em trabalho, através do calor.

Tal descoberta baseia-se em conhecimentos oriundos da termodinâmica (que primeiramente estudava a eficiência das máquinas), especificamente em sua segunda lei, a lei da entropia (ALMEIDA, 1994), que versa sobre a possibilidade de transformação de uma forma de energia em outra.

Tal lei foi proposta por Clausius (CECHIN, 2010) ao se debruçar sobre os estudos de conservação de energia proposto por Carnot, que utilizou o termo entropia devido a seu significado grego, transformação, ao perceber que a energia dentro de um sistema se manifesta de várias formas, na condição de que não pode ser criada nem destruída, e sim, transformada.

¹ 1 De acordo com Santos (2002), as práticas homogeneizantes são caracterizadas pela imposição de um conjunto de valores, técnicas e comportamentos que conduzem a transformação de um sistema pré-existente, que passa a ser compelido a abandonar suas práticas para incorporar um modo de vida diferente do seu.

² 2 Modos de vida, particularidades inerentes a cada sociedade.

³ 1 De acordo com Santos (2002), as práticas homogeneizantes são caracterizadas pela imposição de um conjunto de valores, técnicas e comportamentos que conduzem a transformação de um sistema pré-existente, que passa a ser compelido a abandonar suas práticas para incorporar um modo de vida diferente do seu. 2 Modos de vida, particularidades inerentes a cada sociedade. 3 Para acesso a todos os dados sistematizados, consultar a tese de doutorado, intitulada Apropriação e Substituição dos recursos pesqueiros no Pará: a “pesca no pé da barragem” da UHE de Tucuruí e o parque aquícola Breu Branco III, disponível em: http://ppgeap.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/teses/2017/PPGEAP_TESE_Mariana%20Neves%20Cruz_2017.pdf

De acordo com Cechin (2010, p. 60-61):

(...) A entropia serve para explicar por que o calor sempre flui de objetos mais quentes para objetos mais frios e por que esse processo é espontâneo. Assim, ela está relacionada com as mudanças que ocorrem inerentemente à conservação da energia de um dado sistema. (...) toda transformação energética envolve produção de calor que tende a se dissipar. (...) a degradação energética tende a atingir um máximo em sistemas isolados e não é possível reverter esse processo. Isso significa que o calor tende a se distribuir de maneira uniforme por todo o sistema, e calor uniformemente distribuído não pode ser aproveitado para gerar trabalho. Daí a forma embrionária da entropia estar na ideia de que as mudanças no caráter da energia tendem a torná-la inutilizável.

Quando um sistema está ordenado, equilibrado, sua entropia é baixa. Na medida em que há elementos que lhe causam desordem, que lhe complexificam, sua entropia aumenta. A estrutura do planeta e do universo tende a se degradar com o passar do tempo, através da alta entropia, é a chamada “flecha do tempo” (unidirecional e espontânea), fluindo sempre de corpos com maior entropia para corpos de menor entropia (CECHIN, 2010). A variável tempo relaciona-se com variações entrópicas, (ALMEIDA, 1999; CECHIN, 2010) apontando irreversivelmente para o fim da própria vida como um todo, a famigerada “flecha do tempo” nos alcançará a todos.

Com o passar dos anos, envelhecemos e esta relação é irreversível. Como somos considerados sistemas abertos, caminhamos irremediavelmente para a nosso equilíbrio entrópico, trocando energia com o ambiente em que nos encontramos, em um processo contínuo de redução de nossa entropia as custas do aumento da energia do ambiente.

Quando deixarmos de reduzir nossa entropia, significa que deixamos de viver e passamos a nos decompor (ALMEIDA, 2015). As relações entrópicas são também traduzidas na forma como acessamos, utilizamos e transformamos os recursos naturais disponíveis. Tais transformações são mediadas pela técnica, sistema produtivo e tecnologias disponíveis (SANTOS, 2002).

Os meios de produção utilizados pelo modo de produção capitalista, que é o sistema econômico preponderante, têm alterado entropicamente e irreversivelmente o sistema planetário (GEORGESCU-ROEGHEN, 2012; SANTOS, 2002; HARVEY, 2005). A economia não é o problema, mas sim, sua apropriação e controle pelo mercado. Polanyi destaca (2000) que a dificuldade em compreender outras formas de economia não reguladas pelo mercado se dá justamente pelo monopólio semântico do termo economia, que oculta a existência de outros sentidos atribuídos ao mesmo termo. Enquanto que na sociedade de mercado o objetivo é o acúmulo de ganhos monetários, em outras economias o que se busca é a reprodução material da própria vida.

Na sociedade atual, o preço e o valor de troca tem caracterizado as relações comerciais, se estendendo as relações sociais e políticas. A economia de mercado é voltada para a acumulação dos valores de troca e se organiza em prol deste. Lisboa (2000, p. 4) ao analisar os estudos de Polanyi destaca que “o valor é expressão da riqueza, toda ação econômica que acrescenta valor às coisas é, por definição, criadora de riqueza”, logo, as sociedades selecionam e valorizam recursos naturais e objetos produzidos de acordo com suas demandas e necessidades associadas a esses elementos, onde a disponibilidade e distribuição destes recursos promove alterações no valor a ele atribuído.

Lisboa (200) destaca que: O valor é determinado pela escassez. Ele precisa da escassez em alguma medida para se manter elevado. Por isto o capitalismo é um sistema de criação de desejos e produção de necessidades; é uma civilização fundada no consumismo e no desperdício, sobre processos de obsolescência planejada (as mercadorias não são produzidas para serem consertadas, mas para serem substituídas quando apresentarem defeitos). Esta destruição sistemática de riquezas é intrínseca à racionalidade econômica moderna.

Jackson (2014) caracteriza a sociedade atual como irresponsável, cujas ações promovem a proteção e estímulo ao crescimento econômico. Todavia, esse crescimento econômico, longe de promover a prosperidade partilhada, a felicidade dos indivíduos, promove o crescimento econômico em termos quantitativos, ou seja, restrito a uma parcela da sociedade. Chomsky (2015) destaca que as ações das instituições estatais em conjunto com as empresas privadas têm conduzido a concentração de riqueza e de poder.

Para Jackson (2014, p. 29), tal concentração de riqueza é parte da Era da irresponsabilidade, que demonstra: uma cegueira de longo prazo às limitações do mundo material. Essa cegueira é tão evidente

em nossa incapacidade de regulamentar mercados financeiros como em nossa inabilidade de proteger recursos naturais e impedir danos ecológicos. Nossas dívidas ecológicas são tão instáveis como nossas dívidas financeiras. Nenhuma delas é levada propriamente em consideração na busca incansável do crescimento do consumo. Esta cegueira acaba por consolidar a perversidade do sistema capitalista que, por meio da globalização da economia, promove um projeto único de apropriação dos recursos naturais, instaurando a economia de mercado como mediação das práticas econômicas e estimulando o consumo.

Isso porque, a noção de desenvolvimento adotada e consolidada ao longo do processo histórico de expansão e conquistas territoriais pauta-se na mensuração das riquezas e produção interna de um país, tendo por suporte paradigmático os estudos econômicos que, por séculos, não levaram em consideração a finitude dos recursos naturais nem a capacidade da biosfera de suporte para a reposição dos recursos explorados. Tal visão econômica dos recursos naturais proporcionou a acumulação primitiva do capital, o desenvolvimento desigual e combinado (ANDRADE, 1985; HENRIQUE, 2014; MACHADO, 2011; OLIVEIRA, 2002) e a exploração desenfreada dos recursos naturais, substituindo sistemas locais de produção (exercidos por populações tradicionais) pela lógica produtivista industrial.

Este cenário fez com que práticas de baixa entropia, baseadas em uma economia de aprovisionamento (SAHLINS, 1972) estimuladas pela lógica industrial fossem inseridas dentro da economia de mercado, substituindo cenários de baixa entropia por práticas de alta entropia. Atualmente, esse processo permanece sendo estimulado, pois, os indicadores econômicos de desenvolvimento tem na produtividade seu principal parâmetro de mensuração.

A percepção da finitude dos recursos naturais tem engendrado uma série de paradigmas econômicos que legitimam e justificam o modo de produção capitalista que, longe de promover práticas sustentáveis, permanecem subsidiando a exploração e depleção dos recursos naturais, isto porque o crescimento material da economia, com a acumulação de bens e riquezas, expansão dos mercados, crescimento de demandas e aceleração da produção são incompatíveis com a sustentabilidade ambiental (CAVALCANTI, 1994; 2004; 2012; ANDRADE, 1985; CECHIN, 2010; GEORGESCU-ROEGHEN, 2012; GOODMAN, 1990; HARVEY, 1992; 2011). De acordo com Cavalcanti (2012, p. 46):

Desenvolvimento sustentável (responsável) se concebe como um processo socioeconômico em que: (i) se minimiza o uso de matéria e energia (depleção), contendo o avanço do buraco da Figura 1; (ii) se minimizam os impactos (lançamento de dejetos) ambientais, ou seja, a formação do monte da Figura 1; (iii) se maximiza o bem-estar ou utilidade social, sem ameaça de retrocessos; e (iv) se atinge uma situação de eficiência máxima no uso dos recursos – de modo semelhante ao modelo de funcionamento da natureza, ou seja, ir na direção da máxima sustentabilidade do estilo de vida frugal dos índios brasileiros, fugindo do esbanjamento do modelo dos Estados Unidos, das elites, dos super-ricos.

Figura 1: Processo de extração de recursos

A figura representa o processo de extração de recursos, que ao ser extraídos deixam em seu lugar um buraco. Logo em seguida, os recursos extraídos são beneficiados e as sobras são depositadas acima da terra, o que descreve que o processo produtivo, qualquer que seja, gera rejeitos e dissipa energia.

Na produção de bens de consumo, a entropia é utilizada para suplantiar as limitações naturais à produção, uma vez que a ideia condutora da ontologia industrial é a aceleração, que complexifica os sistemas aos quais se inserem, aumentando substantivamente sua entropia (ALMEIDA, 2015). Santos (2000) destaca que ao longo dos anos, a apropriação espacial humana mediada pela técnica foi capaz de consolidar

diferentes meios geográficos, do natural ao meio técnico científico informacional, que tem na ciência e tecnologia e robótica seu principal suporte.

Tais transformações modificaram as feições terrestres e construíram uma macroestrutura capaz de subsidiar as atividades humanas por meio da construção de um espaço complexo, permeado de fixos e fluxos. Os fixos tratam-se de toda a estrutura material construída pela humanidade para desenvolver suas atividades diárias, que permitem a fluidez e interação humana, levando em consideração desde a base material para a produção e comercialização de bens de consumo até a estrutura da robótica e das estações espaciais desenvolvidas pela humanidade, ou seja, todos os objetos físicos frutos de obras humanas.

Já os fluxos, são a estrutura imaterial existente, traduzida pelo conjunto de ideias e significados vividos pela humanidade, pelo movimento, se estendem desde o fluxo de informações que circulam nos locais até o processo de financeirização da economia, quando as atividades financeiras se destacaram em relação a produção e comercialização de produtos (SANTOS, 2000). Essa estrutura material e imaterial criada e consolidada no meio técnico científico informacional tem sido feita mediada por técnicas que deplecionam os recursos naturais, modificando as paisagens e inserem processos de alta entropia em contextos de baixa entropia.

A extração desta baixa entropia para seu uso industrial tem como custo para a biosfera a sua dissipação irreparável e irreversível, ou seja, sua rarefação para as futuras gerações. Nesta afirmativa assenta-se a proposição de Georgescu-Roegen como a quarta lei da Termodinâmica, que afirma que “num sistema fechado, a entropia da matéria deve tender para um máximo” (GEORGESCU-ROEGEN, 2012, p. 153), rumo a um alto grau de desordem sistêmico.

A proposta de solução dada pela economia industrial para solucionar o impasse e perpetuar a destruição criativa da Terra e o crescimento econômico foi inserir dentro do processo produtivo, a reciclagem dos resíduos gerados. Porém, Georgescu-Roegen (2012) destaca que os estoques de baixa entropia são limitados e, apesar de todo o aparato tecnológico associado a produção e do combate a qualquer desperdício, eles se esgotam.

A tese de Georgescu Roegen (2012, p. 42):

(...) não quer dizer que a reciclagem seja impossível ou inútil, nem que o progresso da ciência e da engenharia não ajudem, mas simplesmente que nenhuma tecnologia conseguirá eliminar totalmente os aspectos entrópicos da extração, da transformação e da utilização das matérias-primas minerais necessárias ao modo de produção industrial. Cechin (2010, p. 101) destaca que: A reciclagem de materiais nunca pode ser total. É falso supor que avanços tecnológicos na capacidade de reciclagem sejam capazes de eliminar o problema dos estoques decrescentes dos recursos terrestres. (...) os resíduos de alta entropia representam o produto final do processo econômico, uma vez que o único produto material da fase de consumo é o resíduo entrópico que retorna ao ambiente. (...) o crescimento da economia exige mais extração de recursos numa aponta e mais liberação de resíduos na outra.

A preocupação de Georgescu se inicia já no processo de extração dos recursos naturais. Almeida (2016) destaca que a economia industrial tem tentado maximizar o crescimento econômico tendo máquinas como escravos energéticos, visando o crescimento acelerado elevado ao infinito utilizando recursos finitos. Neste sentido, a reciclagem não seria para compensar o aumento da entropia, mas seria também para prolongar o processo produtivo e uso dos recursos naturais.

Tal exploração consciente dos recursos naturais e a possibilidade de sua rarefação para as futuras gerações por vezes, parece não ser um limitante para a sua extração. Isso porque, o objetivo do processo produtivo tem sido a geração da sensação de bem-estar para a humanidade, a geração da felicidade efêmera proporcionada pelo consumo, em detrimento da degradação entrópica. Para Georgescu-Roegen (CECHIN, 2010, p. 73):

A lei da entropia assegura que não se pode usar a mesma energia, indefinidamente, queimando o mesmo carvão, ad infinitum. Se isso fosse possível, não haveria escassez de fato nem haveria resíduos do processo produtivo, uma vez que se poderia reciclar 100%. (...). como consequência inevitável da transformação dos recursos do ambiente, o processo econômico produz resíduos que não podem ser reaproveitados. Contudo, o aumento da

quantidade de energia e de materiais fixo de resíduos, mas, sim, o aproveitamento da vida, ou um fluxo imaterial de bem estar.

Georgescu-Roegen (2012, p. 84) destaca que o paradoxo do processo econômico consiste na transformação da energia e matéria de valor em resíduos (energia útil em inútil) e, todavia, o produto final do processo econômico não é material, “mas o fluxo imaterial sempre misterioso da alegria de viver”. O custo da alegria de viver da humanidade é o aumento da entropia planetária, o que faz com que o modo de produção capitalista, que é homogeneizante, possua relações incompatíveis com a capacidade que o meio ambiente tem de reposição dos estoques de baixa entropia e de absorção dos resíduos gerados no processo produtivo, ou seja, incompatibilidades entre o sistema econômico e o sistema ecológico.

Cechin (2010, p. 180-181) destaca que:

Por trás do debate sobre o desenvolvimento sustentável está o debate sobre os recursos que o processo econômico utiliza e o despejo inevitável de resíduos nos ecossistemas. Desenvolvimento requer energia. E é ela que conecta os desafios da sustentabilidade ambiental com as dimensões social e econômica do desenvolvimento. (...) Não é possível, portanto, falar de desenvolvimento sustentável sem aludir a base energética na qual se baseou o desenvolvimento a partir da revolução industrial. Então, a questão fundamental é saber se os humanos podem coletivamente perceber a magnitude do problema atual e encaminhar as soluções necessárias.

Os problemas ambientais associados ao modo de produção têm sido amplamente debatidos, não por que a sociedade atual pense sobremaneira na sociedade sucessora, mas devido a problemática ambiental se configurar como um limite ao crescimento econômico. Cechin (2010) afirma que algumas heresias foram cometidas quando houve a percepção das externalidades negativas associadas a esse processo, sendo a principal delas, a de que (CECHIN, 2010, p. 212):

o propósito da economia deveria ser o controle racional sobre o processo de desenvolvimento, de modo que esse servisse às reais necessidades humanas, em vez da expansão dos lucros, das guerras e do prestígio nacional, e de que era necessário substituir o ideal de crescimento por uma visão em que a produção e o consumo fossem subordinados aos objetivos de sobrevivência e justiça.

O decrescimento econômico seria uma saída utópica, pelo menos na perspectiva de dissociar a produção como parâmetro de desenvolvimento e associar essa mensuração a outros aspectos da vida em sociedade. Georgescu-Roegen decrescimento sustentável e a proposição de decrescimento não tem haver apenas com o PIB, mas também uma proposição de a-crescimento. O objetivo é, sobretudo, chamar atenção para o fato de que, os parâmetros adotados para mensurar o desenvolvimento, tido como crescimento nos indicadores de produção, escondem relações assimétricas de poder, conflitos geopolíticos, pobreza, analfabetismo e outras mazelas sociais, intrínsecas ao modo de produção capitalista.

A tentativa de desvirtuar a discussão com a “invenção” de outros termos promove um insensato e lucrativo pensamento coletivo de que o crescimento econômico pode ser sustentado a longo prazo, indefinidamente. Porém, todas as crises ambientais e crises de produção tiveram como solução a associação (cada dia mais visceral) da ciência com a tecnologia, que desde as revoluções industriais tem promovido o processo de supressão do espaço pelo tempo, diminuindo as influências naturais sobre a produção, gradativa melhoria da qualidade de vida (mesmo que privilegiando apenas uma parcela da humanidade com esses feitos extraordinários), ampliação da escala de produção, apropriação humana sobre a reprodução de vida em laboratório, aprimoramento genético de sementes, embriões, etc.

O investimento e fé na tecnologia tem sido o caminho adotado para suplantando as crises ambientais. A tecnologia como solução exossomática para suplantando limitações naturais a produção introduziu processos de substituição e apropriação da natureza e aumentou a fé da humanidade na técnica, assim como sua dependência em relação à ela (CECHIM, 2010). Estas técnicas têm aumentado a entropia local, gerado conflitos sociais pela terra e modificado de maneira irreversíveis a paisagem e a entropia local.

GeorgescuRoegen (2012, p. 176) destaca que “o ponto crítico de toda dádiva prometeica é acelerar o desenvolvimento técnico que, por sua vez, contribui para o esgotamento crescente do combustível que o mantém”. Isso significa que, apesar de todo o avanço técnico-científico, a humanidade permanece com as mesmas matrizes energéticas (combustíveis fósseis, principalmente), que são finitas.

No caso da pesca artesanal na Amazônia, o estado Brasileiro acaba por estimular e conduzir a um processo de tragédia dos comuns (OSTROM, 1990; HARDIN, 1967) através da promulgação de normativas jurídicas que estimularam a extração destes recursos, que tinha o plano de consolidar o processo de industrialização das atividades produtivas. O resultado foi o deplecionamento dos estoques pesqueiros, acirramento de conflitos sociais e concorrência por locais de pesca. As respostas sociais e governamentais foram distintas.

De um lado, os pescadores artesanais passam a se unir e estabelecer normas de uso e acesso aos recursos pesqueiros, de outro, pescadores artesanais passam a deslocar-se para locais mais distantes e aprimorar técnicas e tecnologias associadas a pesca para perpetuar sua produtividade (FEENY, 2002; MCGRATH, 1993a; 1993b; 1994; 2000 2003; 2007; MELO, 1993; FURTADO, 1987; 1990; 1993; 1997; ALMEIDA, 2008; CRUZ, 2010; 2012; 2014; 2015; MORÁN, 1990).

O governo então responde de duas maneiras, primeiramente reconhecendo as regras estabelecidas entre os pescadores e lhes imputando o valor de Lei⁴, e, por outro lado, passam a estimular o cultivo de pescado⁵. Destaca-se que, o fato de promover o gradativo processo de industrialização da atividade pesqueira deplecionando os estoques pesqueiros custou à atividade pesqueira a inserção de um sistema altamente entrópico, incorporando uma capacidade de extração de recursos sem precedentes na história da pesca na Amazônia até então. Somado aos estímulos da apropriação industrial da atividade da pesca, há o estímulo a grandes obras de integração e desenvolvimento nacional.

Entre essas obras, obras que primam pelo abastecimento energético por meio de recursos hídricos. A construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí começou a ser planejada durante a década de 1970 (CMB, 2000; SANTOS, 2007; JURAS et al., 2004; ROCHA; 1999; 2005; 2008; 2009; 2011; 2013; CINTRA et al., 2011), “com o intuito de suprir de energia a cidade de Belém e a região circunvizinha. Porém, mais tarde, o objetivo de gerar eletricidade para o projeto de alumínio da Albrás começou a ganhar importância” (CMB, 2000, p. VII).

De acordo com Juras (et al., 2004, p. 82), com a construção da UHE Tucuruí:

(...) ocorreu uma diminuição da produção pesqueira a jusante da barragem. Tal fato é explicado por diversos fatores, como por exemplo: (1) mudança no regime de enchente, o que se reflete nas condições ambientais de reprodução dos peixes; (2) empobrecimento da água decorrente da retenção de nutrientes pelo reservatório; (3) devido às regras de operação da usina, principalmente durante o período de estiagem, a água que passa para o trecho a jusante é proveniente do fundo do reservatório (camada anóxica), onde se observa um acréscimo na condutividade, sólidos totais em suspensão, ferro, e, especialmente, nutrientes fosfatados e amônia (CET, 1988); (4) devido a alterações do ciclo hidrológico pela barragem do rio e a procedimentos operacionais da UHE Tucuruí, ocorre elevada mortalidade de ovos, larvas e alevinos, o que compromete o recrutamento e a reposição dos estoques pesqueiros.

No momento da construção da UHE Tucuruí, os possíveis impactos que esse tipo de empreendimento gera em cidades localizadas a jusante tinham importância secundária ou não eram levados em consideração, pois não se considerava que essas áreas eram diretamente afetadas.

A Comissão Mundial de Barragens (CMB, 2000, p. VI) destaca que “Os impactos a jusante, subestimados na fase de detalhamento do projeto, foram apenas reavaliados para os períodos de estiagem, quando a queda da qualidade de água a jusante ficou evidente”. Santos (2007) destaca que apenas no ano de 2003 “a ELETRONORTE admitiu oficialmente como ‘área atingida’ da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, os seguintes municípios situados a jusante da barragem: Baião, Mocajuba, Igarapé- Mirim, Limoeiro do Ajuru e Cametá”.

Os pescadores passam a se adaptar a esse novo contexto, estabelecendo novas relações sociais e desenvolvendo outra modalidade de pesca técnicas após o novo equilíbrio ecológico, permitindo a renovação dos estoques pesqueiros por meio do estabelecimento de regras. É neste contexto, que

⁴ Acordos de pesca.

⁵ PRONAF Pesca; Programa Nacional de Fortalecimento à Agricultura Familiar; Plano Safra das Águas; Plano Safra da Pesca e Aquicultura; Parques Aquícolas.

destacamos o desenvolvimento da Pesca no pé da Barragem como estratégia social de baixa entropia, frente ao novo ambiente apresentado.

3. UHE TUCURUÍ E NOVAS RELAÇÕES ENTRÓPICAS NA PESCA ARTESANAL.

De acordo com Cintra (et al., 2013, p. 61), a “UHE Tucuruí está localizada no canal principal do rio Tocantins, acerca de 7,5km a montante da cidade de Tucuruí e a 300km em linha reta da cidade de Belém”. Sua construção foi prevista para ocorrer em duas fases, onde na primeira (1975 á 1984) seriam realizadas obras para a geração de energia e na segunda fase (1997 á 2010), seriam realizadas obras civis voltadas para a construção de eclusas, para permitir a trafegabilidade no rio Tocantins, interrompida com construção da Barragem (CMB, 2000).

Durante a construção da UHE Tucuruí, não havia a definição de modelos para o trato de questões sociais, sendo realizados processos indenizatórios à populações cujo o deslocamento e reassentamento tivesse sido provocado pelo empreendimento.

Ademais, não se tinha o entendimento de que a construção de hidrelétricas possuem impactos significativos tanto a montante quanto a jusante, sendo considerados, neste período, apenas os impactos a montante (FEARNSIDE, 2002, 2009, 2012, 2015; CMB, 1990). Com a barragem, novos cenários foram construídos para a atividade da pesca artesanal (BARTHEM, 1997; 2004, JURAS, 2004; 2007; CINTRA, 2004; 2007; 2009a; 2009b; 2011; 2013). Nas localidades a montante da barragem, a atividade pesqueira sofreu um incremento de captura devido ao aumento da área de pesca e da produtividade primária, que se “refletem no suprimento alimentar em toda a cadeia trófica das diversas espécies que compõem a ictiofauna do lago” de Tucuruí (JURAS et al, 2004, p. 77).

À jusante, ocorreu um decréscimo nas comunidades de pescado, onde as espécies comerciais tiveram sua abundância reduzida e os predadores dominaram o trecho mais próximo ao barramento (JURAS et al, 2013). Sobre as modificações na ictiofauna relacionadas à formação do reservatório de Tucuruí, Cintra (et al., 2013, p. 78) destaca que:

No reservatório, as principais modificações nas comunidades [peixes] estiveram relacionadas ao aumento na população de peixes carnívoros (pescada-branca, peixe-cachorro, tucunaré e piranha), devido à maior oferta de alimentos (camarão e peixes menores), aumento da população de peixes planctófagos (mapará) e estabelecimento de peixes iliófagos (curimatã e jaraqui) no trecho superior a represa (CMB, 1999). (...). [alterações] na ictiofauna da bacia do Tocantins, relacionam-se à: a) interrupção da rota migratória dos grandes bagres (dourada, piraíba, pirarara e barbado) e alguns caracóides (curimatã e ubarana); b) desaparecimento inicial de curimatã; c) diminuição do estoque pesqueiro do mapará no baixo Tocantins; d) aumento da quantidade de peixes no médio Tocantins (curimatãs, jaraquis, branquinhas, pirapitinga, Matrinchã, surubim, mandubé e barbado), que se alimentam no reservatório e sobem o Tocantins para desovar, durante o período de águas altas.

Alves & Barthem (2007), ao estudar a pesca comercial realizada de maneira artesanal no reservatório, destacaram técnicas de captura do tucunaré construídas a partir das interações dos pescadores artesanais com o novo contexto ecológico construído com a formação do reservatório, demonstrando a capacidade plástica⁶ destes agentes sociais (GEERTZ, 2000; GELLNER, 1997; GIDDENS, 2000; 1991).

Cintra (et al., 2013) identifica três modalidades de pesca no reservatório da UHE Tucuruí pode ser classificada como de subsistência, artesanal e esportiva. Quanto à pesca artesanal, o referido autor

⁶ Tal categoria refere-se à capacidade que as populações tradicionais desenvolveram ao longo de sua trajetória de adaptarem-se frente a novas adversidades, adaptar-se a natureza e transformá-la, incorporar novos saberes e práticas ao seu cotidiano. Para estudos mais detalhados, consultar as obras:

GEERTZ, C. Do ponto de vista dos nativos: a natureza do entendimento antropológico. In: O saber local: novos ensaios de antropologia interpretativa. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

GELLNER, E. Cultura, limite e comunidade. In: Antropologia e política. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.

GIDDENS, A. Mundo em des controle: o que a globalização está fazendo de nós. Rio de Janeiro: Record, 2000.

_____. As consequências da modernidade. São Paulo: Edusp, 1991.

(CINTRA et al., 2013, p. 64) destaca que os principais apetrechos utilizados no reservatório da UHE Tucuruí são:

rede malhadeira fixa ou presa, anzol (caniço), anzol (linha-de-mão), anzol (espinhel) matapi e arpão. A rede malhadeira fixa é o principal apetrecho e o anzol com linha-de-mão o segundo mais utilizado no reservatório; o matapi é utilizado quase que exclusivamente na captura do camarão regional que é empregado como isca nas pescarias de anzol (caniço e linha-de-mão); a montante do reservatório (na região de Itupiranga e Marabá) utiliza-se também a rede malhadeira à deriva ou caceia, rede malhadeira de bloqueio e as tarrafas; nas pescarias, tanto pode ser utilizada apenas uma arte de pesca como também a combinação de várias, de acordo com a área, profundidade, período do dia ou conforme a espécie alvo; a utilização dos apetrechos de pesca é limitada pelos “paliteiros” e oscilação da profundidade no reservatório.

As técnicas de pesca no ambiente do lago, ou seja, à montante do represamento do rio permaneceram praticamente inalteradas, sendo utilizados a malhadeira, caniço e espinhel e linha de mão (CINTRA, 2001; 2004; 2013).

Quanto a captura de pescado realizada à montante do reservatório, Juras (2004, p. 79) destaca que: Pesquisas revelam que desde o fechamento da represa, em 1984, as capturas aumentaram, passando de 452 t, antes do barramento para 1.424 t em 1987-88 (CET, 1989) e, posteriormente no período 1989-1992, as capturas apresentaram valores de 2.149 t, 2.338 t, 2.648 t e 2.318t. Em 2001 foram capturadas cerca de 5.000 t em toda a área do reservatório, principalmente devido ao aumento do esforço de pesca empregado na captura das espécies na área de influência da UHE Tucuruí desde 1984 até os dias atuais.

Cintra (Et al, 2013, p. 65) destaca que:

este incremento das capturas foi provocado pelo aumento da área de pesca e pelo aumento da produção primária, que fez com que os estoques de espécies como o mapará *H. marginatus* e pescada-branca *P. squamosissimus*, crescessem de forma exponencial. Desta forma, criou-se um novo e rico ambiente de pesca o que atraiu pescadores à região, verificando-se desde a época da formação do reservatório até aos dias de hoje, um aumento contínuo do esforço de pesca.

Em contrapartida, à jusante da UHE Tucuruí, houve uma vertiginosa queda na captura, que pode ser explicada pelos seguintes fatores (JURAS, et al., 2004, p. 82):

A implantação da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, desde a sua concepção na década de 1970 até a construção de suas eclusas na década de 2000, tem promovido apropriações parciais e persistentes da baixa entropia ecológica existente, representado pelo rio Tocantins, transformando-o em um ambiente de alta entropia, através do processo de desordem e completa transformação, mediado por técnicas de construção civil.

A construção da UHE Tucuruí representou um processo de desordem dentro do ambiente ecológico de Tucuruí, com mortandade de espécimes de fauna e flora, alagamento de vastas áreas, alteração do PH das águas e alteração da vida social e econômica pré-estabelecida. Após a construção da barragem de Tucuruí, novas relações sociais, territoriais e ecológicas foram estabelecidas.

O processo entrópico gerado pelo barramento do rio desencadeou uma série de novas relações sociais e o desenvolvimento de novas técnicas de pesca associadas ao novo ambiente. A maneira de ser e existir dos pescadores artesanais foi modificado, sendo necessários longos períodos de novas interações território-ambientais (BEGOSS, 1993; 2004) para (re)conhecer como o novo ambiente afetou a localização dos cardumes e sua disponibilidade dentro do ambiente de lago. Pescadores residentes na cidade de Tucuruí, à jusante da barragem, diante do novo contexto ecológico, territorial e social em construção, passaram a (re)conhecer os novos ambientes aquáticos formados, observando e interagindo com outros pescadores artesanais locais e pescadores de fora (LEITÃO, 2008), geralmente oriundos de outras regiões do baixo Tocantins, como Cametá, Limoeiro do Ajuru e Moju.

Os novos ambientes de pesca e a localização dos cardumes foram mapeados e incorporados a rotina de trabalho dos pescadores artesanais. No ambiente de lago à jusante as técnicas de pesca permaneceram praticamente inalteradas, todavia, a diferença está no aumento da disponibilidade de espécimes carnívoros. No ambiente à jusante, foi desenvolvida uma técnica de pesca, através da observação do

comportamento do pescado, a pesca conhecida como pesca no pé da Barragem, realizada exclusivamente por homens.

3.1. A PESCA NO “PÉ DA BARRAGEM”⁷

A pesca no pé da barragem é uma técnica de pesca realizada próximo a saída d’água dos vertedouros da Usina Hidrelétrica, desenvolvida por pescadores artesanais à jusante da barragem de Tucuruí, através da percepção da concentração de pescado em áreas próximas aos vertedouros e comportas auxiliares, que segundo os pescadores, tornaram-se áreas de berçário e de alimentação farta de peixes carnívoros e de peixes cuja ocorrência está relacionada a locais de corredeiras.

Tal concentração também pode ser explicada devido a quantidade pedaços de peixes triturados expelido pelas turbinas. Um novo ambiente de baixa entropia foi construído após a construção da Usina e os pescadores artesanais passam a apropriar-se dos recursos pesqueiros associados a esse novo ambiente de pesca, utilizando a baixa entropia disponibilizada pela nova ecologia local.

Os pescadores artesanais entrevistados destacaram que aprenderam essa modalidade de pesca com seus pais ou observando outros pescadores. Segundo relatos, os pescadores observaram outros pescadores realizando esse tipo de pesca e aproximaram-se do pé 8 da barragem, pois, “aonde um pescador vai, o outro pescador sabe que tem peixe” e, segundo eles, “não há mistérios na técnica de pesca se você já é pescador” (entrevistas de campo).

Há que se destacar que não há especulações ou memória coletiva sobre o pescador ou grupo de pescadores que deram início a pesca no pé da barragem e não se sabe ao certo como foram as tentativas e erros associadas a esse tipo de pesca, tampouco sobre como ocorreu o aprimoramento das técnicas até se desenvolver a técnica atual associada a essa modalidade de pesca. Também não se é conhecido a origem do pescador que desenvolveu esta técnica, se era oriundo de outras áreas de barragem (barrageiro⁸) ou se era pescador local.

Este tipo de pesca exige o domínio prévio de outras técnicas de pesca, como a de caniço, espinhel e a pesca com a malhadeira. Exige a destreza com a embarcação, pois trata-se de uma área de corredeira e, principalmente, exige coragem, aspecto fundamental que acompanha o pescador artesanal desde tempos imemoriais, a coragem diante de um ambiente ainda desconhecido, a coragem diante de ambientes de corredeiras, a coragem de estar em alto mar, coragem diante de qualquer animal aquático que possa cruzar seu caminho.

Conforme nos explica Domingos (Pintão), de origem cametaense: quando fizeram essa barragem aqui os peixes ficou difícil pra nós lá (Cametá) onde se criemos, nascemos e criemos, aí nos veio vindo né, subindo pra cima, subindo aí o Tocantins até que cheguemos aqui no pé dela, aí aqui nós temo. Meu pai que me ensinou, é perigoso. Aqui no pé dessa barragem já morreu muita gente.

O pai da gente vai levando e levando e depois a gente aprende. As técnicas de pesca são tradicionalmente repassadas de geração em geração e de uma maneira geral, quando trata-se de deslocamento para áreas distantes da moradia e que representam certo grau de risco de morte, são repassadas majoritariamente para indivíduos do sexo masculino. De uma maneira geral, o papel da mulher na pesca associa-se a dar suporte ao marido na pesca, a pesca de beira⁹, pesca em locais mais próximos de casa, ou seja, uma presença discreta.

O protagonismo das mulheres na pesca está, sobretudo, na organização social. No geral, por estarem mais perto dos filhos, cuidar dos maridos e do lar, a mulher possui uma percepção mais holística acerca dos problemas ambientais, ecológicos e econômicos que afetam o seu ambiente doméstico. Neste campo, o protagonismo feminino é incontestável (MANESCHY, 1994; 1995; 2012; CARDOSO, 2002; MOTA-MAUÉS, 1999).

Quanto aos apetrechos utilizados na pesca no pé da barragem, são a pesca com linha e anzol, caniço, espinhel e malhadeira. O ensino do ofício de pescador artesanal se inicia durante a infância, conforme destacado na fala acima. Todos os riscos e técnicas de “segurança” são repassadas através da interação ambiental, ou seja, a interação com os ambientes de pesca, a percepção sobre a turbidez, coloração da água

⁷ O pé da barragem significa toda a área próxima aos vertedouros da Usina hidrelétrica.

⁸ Barrageiro é o nome popular dado aos trabalhadores temporários de áreas de construção de barragens e tem por hábito a migração temporária para áreas de construção de Usinas hidrelétricas.

⁹ Pesca próxima ao leito do rio.

são imprescindíveis para se obter o sucesso na pesca, mensurado pela quantidade de pescado extraída. Antônio (Tônico), também de Cametá, nos relata como começou a pescar no pé da Barragem:

Quando eu vim de Cametá eu cheguei aqui tinha muito peixe, peixe tinha muito. Ai eu comecei a pescar ai na Queiroz, Galvão, ai tem um poço ai que agente pescava a gente puxava muito filhote aí. Daí veio outro irmão meu de Cametá nós comecemos ideia essa pesca de ir na barragem. Ai nós fomos varando pra lá. Já tinha gente pescando, aí nós fomos, fomos até chegemos lá. Chegemos junto com o pessoal, porque pescador já sabe, pra onde um vai outro vai atrás.

Vicente nos explica que “o cametaense ele já tem a tendência, já nasce na pesca e eu já vim de lá com essa tendência mesmo. Cheguei de lá comecei a trabalhar e não deu certo e comecei a trabalhar como pessoal aqui que são todos pescadores mesmo¹⁰ e me ensinaram a pescaria daqui”. A “vocação” do cametaense para a pesca pode ser explicada devido a ecologia local, de ambiente de várzea, lacustre, onde a sazonalidade local permite a multiplicidade de atividades produtivas, em destaque, a atividade da pesca artesanal.

A pesca no pé da barragem trata-se de uma pesca que oferece risco de morte aos pescadores artesanais. Os pescadores só arriscam suas vidas nesta modalidade de pesca devido esse risco ser compensado pela concentração de pescado no local, consequentemente, indispensável para a geração de renda de suas famílias. Foi relatada a morte por afogamento de pelo menos 11 pescadores artesanais, que tiveram suas embarcações e apetrechos sugados pelo rebojo¹¹gerado pela correnteza das turbinas.

A pesca ao pé da barragem é realizada por meio de duas técnicas diferenciadas de pesca e está sujeita as sazonalidades provocadas pelos períodos de inverno e verão (seca e cheia), que também afeta a abertura ou fechamento das comportas da Usina, sendo elas, a pesca próxima as comportas (localmente chamadas de pesca no pé mesmo) e a pesca no travessão, relativamente distante dos vertedouros. Há que se destacar que o regime hídrico do rio Tocantins foi alterado devido a construção da Usina hidrelétrica. Na bacia Hidrográfica do Araguaia-Tocantins:

O regime hidrológico da Região Hidrográfica, de uma forma geral, é bem definido, apresentando um período de águas altas entre fevereiro e abril, quando verificam-se as maiores cheias. No rio Tocantins propriamente dito, as máximas vazões são observadas, geralmente nos meses de fevereiro e março, enquanto que na Sub-bacia do rio Araguaia, principalmente nos trechos médio e baixo, ocorrem em março e abril. (CADERNO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINSARAGUAIA, 2006. p. 40).

Cintra (2013, p. 60-61) destaca ainda que:

A estação chuvosa começa em novembro-dezembro no Sul da bacia, com precipitações mensais médias atingindo 300mm. Existe uma defasagem de cerca de um mês entre as regiões do alto curso e do baixo curso. Nos meses mais secos (junho, julho, agosto), a média mensal de chuvas oscila entre 1 e 50mm.

No município de Tucuruí, no período de janeiro a junho a precipitação é abundante, enquanto que a escassez de chuva é observada no período de julho a dezembro” (JURAS, et al., p. 78). A pesca no pé mesmo ocorre geralmente nos períodos de baixa pluviosidade e seca do Rio Tocantins. Durante a prática desta modalidade de pesca, os pescadores calculam o intervalo de tempo em que é seguro passar próximo aos locais com rebojo.

Próximo aos vertedouros, com maior risco de morte aos pescadores, a pesca é realizada com malhadeira (rede de nylon). Os pescadores aproximam-se das comportas principais e/ou auxiliares e atracam suas

¹⁰ ¹¹ Leitão (1997) já havia verificado essa classificação na década de 1980, usada por pescadores artesanais para diferir-se de pescadores industriais, que não possuem conhecimento associado ao ambiente e sim, ao manuseio de máquinas para a extração do pescado. O pescador mesmo, é um termo utilizado para evidenciar os saberes e práticas iminentes do universo da pesca artesanal, ou seja, relaciona-se ao tempo de interação entre os pescadores e o ambiente em que pescam, onde aprendem a estipular a quantidade de pescado, bem como aprendem a associar os apetrechos de pesca a cada ambiente.

¹¹ Redemoinho formado na água.

rabetas junto aos trilhos das máquinas limpa-grades¹², amarrando uma corda entre dois pilares dos trilhos, ou fixam-se aos canos de saída d'água ou nas pilastras mais afastadas aos vertedouros.

Essa corda possui um gancho de ferro na extremidade (Figura 5) e deixa a embarcação fixa a uma distância de aproximadamente 10 metros dos vertedouros, impedindo que as embarcações se distanciem impulsionadas pela correnteza, conforme nos explica o pescador Antônio (Baixinho):

Eles encostam (pescadores), eles esperam assim, quando o remoinho boia, aí eles vão pra lá e amarra aí eles esticam um negócio de dez metros daqui pra lá, aí eles soltam a rede pra afincar lá pra essa rede não descer pra lá aí eles botam essa pedrona¹³ né, aí quando dá a hora deles irem revistar ou virem eles esperam boiar o remoinho de novo, aí quando boia o remoinho aí eles puxam a rede vão e desatam. Agora perigoso mesmo é tempo de inverno. Tempo de inverno é perigoso que as comportas tão abertas e o remoinho só está chamando, só está chamando.

No tempo da cheia quando as comportas estão abertas eles não vão. O remoinho e o rebojo relatados na fala do pescador têm origem nas turbinas. Não é toda a extensão do rio que apresenta esse perigo, mas, sobretudo, a área próxima ao “pé da barragem”, ou seja, áreas próximas aos vertedouros. Todavia, o despejo d'água do reservatório é realizado pelo conduto de maneira constante.

A correnteza gerada é permanente e aumenta ou diminui de acordo com a vazão da água, ou seja, de acordo com a época do ano (de acordo com a cheia do rio). Há casos em que os pescadores tem as redes com as poitas sugadas pelo rebojo. Quando isso ocorre, o pescador, em tempo, deve cortar a corda que o fixa ao pé da barragem, para evitar afogar-se. Em casos como esse, com sorte, há apenas a perda dos apetrechos de pesca e da produção diária, se houver.

Em casos mais extremos, há a perda da embarcação e até mesmo da vida. Houveram relatos de pescadores que foram sugados pelo rebojo e que ao cair na água conseguiram agarrar-se a corda usada para fixar a embarcação à barragem e seguraram-se até a chegada de socorro. Há casos de acidentes com traumas psicológicos em que os pescadores abandonaram essa modalidade de pesca.

As Figuras abaixo mostram os locais de pesca no pé da barragem, nas comportas auxiliares da UHE Tucuruí no período de verão e indicam os locais onde os pescadores atracam suas embarcações, com resquícios de cordas já utilizadas em períodos de cheia.

Figura 1: Pesca no pé da barragem nas comportas auxiliares no período de verão.

Fonte: Cruz, 2016.

Na figura 1, temos um pescador realizando a Pesca no pé da barragem nas comportas auxiliares no período de verão. E na figura 2, podemos visualizar as comportas auxiliares no período de inverno e o risco constante que esta representa aos pescadores artesanais que se atrevem a pescar neste período.

¹² 14 Máquinas acopladas aos vertedouros, que removem de resíduos acumulados nas comportas, que poderiam ocasionar sua obstrução e interrupção no fluxo d'água do duto condutor das turbinas de geração de eletricidade.

¹³ A “pedrona” faz o apoitamento da canoa, servindo como uma espécie de âncora.

Figura 2: Comportas auxiliares no período de inverno e dois pescadores artesanais beirando.

Fonte: Cruz, 2015.

Nestas áreas, apesar de ofertar perigo e relativo risco aos pescadores por conta da correnteza existente nas áreas de acesso as comportas auxiliares, o risco de morte é relativamente menor. A pesca no pé da barragem que oferta maior risco aos pescadores é aquela com maior proximidade com a correnteza gerada diretamente pelas turbinas da Usina, na área do vertedouro, áreas de maior rebojo, uma vez que os pescadores precisam estar praticamente frente a frente aos vertedouros para atracar suas embarcações.

O acesso a essa área é feito de maneira indireta. Acessa-se primeiramente as comportas auxiliares, próximo as áreas de afloramentos rochosos (que geram ainda mais correnteza e instabilidade) e depois se ultrapassam as pilastras e faz-se a aproximação até os vertedouros. Essa aproximação, se faz rente à parede da Usina, ou seja, beirando a parede, linguajar utilizado pelos próprios pescadores.

As embarcações geralmente são de pequeno porte e de baixa capacidade de armazenamento, conhecidas como rabetas. O pescado é armazenado em caixas de isopor de até 100 litros. De uma maneira geral, a pesca é realizada de maneira individual, mas pode haver parcerias, geralmente, membros da família do sexo masculino.

Devido ao fato de o rebojo gerado pelas turbinas ser incessante, todos os cuidados adotados pelos pescadores permanecem ao longo do ano, sendo redobrados nos períodos de cheia, quando as comportas são abertas. Conforme destacado acima, a estratégia adotada pelos pescadores artesanais para diminuir os riscos associados ao rebojo das turbinas é o acesso indireto ao pé da barragem.

Todavia, essas áreas também possuem uma correnteza considerável, oriundas do próprio rio Tocantins, que representa por si só, risco de morte aos pescadores artesanais, ou seja, o risco de morte não está associado somente ao pé da barragem, mas na trajetória adotada para acessá-la. Na Figura 3, é possível verificar o local de acesso aos vertedouros para a realização da pesca no pé mesmo. Na imagem, ainda é possível verificar uma corda que já foi utilizada por outro pescador.

Figura 3: Corda utilizada para a pesca no pé da Barragem, no período de verão.

Fonte: Cruz, 2016.

Durante o deslocamento lateral para alcançar os vertedouros, o pescador passa entre as pilastras utilizando as áreas mais estáveis, ou seja, com menor turbidez. Todavia, na Figura 3 é possível que se visualize a grande correnteza existente nesta área.

A canoa desliza rapidamente entre as pilastras e o pescador, com toda a destreza e perícia, passa por entre as pilastras e rapidamente muda o curso da embarcação, a conduzindo para a área próxima as paredes da usina, de maneira que se aproxime dos vertedouros, evitando ser lançado para longe das eclusas. Na Figura 4, temos um pescador atracado na área do vertedouro. É possível visualizar o rebojo gerado pela corrente das turbinas.

Figura 4: Pesca no pé da barragem, no vertedouro, no período de verão.

Fonte: Cruz, 2016.

A embarcação é amarrada ao pé da eclusa e a técnica de pesca utilizada é a pesca com malhadeira. A seta amarela indica áreas de rebojo e a vermelha indica a localização do pescador. O registro desta modalidade de pesca foi realizado durante o período de verão.

Na Figura 5 é possível verificar que, mesmo com os vertedouros fechados, o rebojo gerado pelas turbinas representa risco permanente aos pescadores artesanais. Não foi possível realizar o registro in lócus desta modalidade de pesca no período de cheia (inverno), pois devido ao aumento exponencial do risco, a pesquisa teve que contar apenas com o relato dos pescadores, sendo registrada in lócus a pesca no pé da barragem no período de verão.

A outra modalidade de pesca no pé da barragem é conhecida por pesca do travessão, que oferta menor risco de morte. Consiste na pesca defronte dos vertedouros, próximo a um local de florescência de rochas, conhecido como travessão de pedras. Apesar do medo relatado pelos pescadores, a pesca permanece nos períodos de cheia e de seca do rio, com menor aproximação a área do vertedouro no período de cheia. Abaixo, temos um pescador realizando a pesca no travessão.

Figura 5: Pesca o travessão, no período de verão.

Fonte: Cruz, 2016.

Percebe-se pela Figura 5 o distanciamento em relação aos vertedouros. Quanto as técnicas utilizadas no travessão, nos relata Antônio (Tonico):

Essa pesca é a pesca de filhote né, o filhote é um peixe que é na caceia¹⁶, a gente vai caceia até no travessão, no berço. Arrisca a vida, lá a gente arrisca a vida, lá é viver ou morrer por que de repente a pessoa tá morrendo, faz como lá no pé como lá. No travessão que nós fala, é um travessão de pedra, um

atravessado de pedra. Tem pra muitos que eles pescam amarrados lá, na turbina que falam e pra muitos pesca na caceia. É uma pesca muito arriscosa. A gente se arrisca mesmo porque como diz o pessoal a gente não tem mesmo da onde a gente tirar, é só no lago que ainda aparece algum peixinho. Lá é só de linha de filhote a gente senta a linha acima do travessão e vem descendo mesmo, de linha de mão ai quando a gente vai descendo de trás, agente vem só duma vez. Eu pesco lá no travessão porque como diz o pessoal, qualquer coisinha a gente ainda se livra ainda. Eu pesco do lado menos arriscoso. Lá (no pé da barragem) é um lugar que ele não é muito mexido por causa do rebojo. Lá eles avisam quando tem muito pescador quando o pescador tã lá tudo, ai eles avisam quando eles vão mexer na água, quando não, eles avisam ai eles dão três apitos lá. Com dois ai eles avisam, o terceiro já é pra cair a água aí o rebojo é muito grande. O período que eles param mais é quando a água tá grande mesmo, ai eles se afastam, ai fica muito feio pra lá, a água cai muito feio que fica ai eles tem medo.

O risco associado a esse tipo de pesca é compensado, conforme já destacado anteriormente, pela quantidade de pescado disponível nesta área do Rio Tocantins. São espécies valorizadas economicamente nos mercados locais. Desta forma, os pescadores artesanais do pé da barragem têm essa área e essa modalidade de pesca como imprescindíveis para a sua economia familiar, ademais, essa modalidade de pesca já faz parte de suas práticas cotidianas, está inserida em seu contexto social e indenitário, construído ao longo de suas interações território-ambiental após a construção das Usina.

No pé da barragem, independentemente de ser no travessão ou próximo aos vertedouros, a espécie focal é, sobretudo, o peixe filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*), mas também são extraídos o Mapará (*Hypophthalmus marginatus*) e a Dourada ou Apapa-sarda (*Pellona castelnaeana*).

No caso do Mapará, os pescadores relatam diferenças no sabor do pescado a jusante e a montante do reservatório, sendo o mais apreciado, o extraído à jusante. A pesca em áreas próximas a barragens é proibida desde 1972, através da portaria da SUDEPE Nº 466, de 8/11/1972 (em Anexo), que em seu Artigo 4º estabelece que “Fica proibido qualquer tipo de pesca praticado a menos de 200 metros, a jusante e a montante das barragens, cachoeiras, corredeiras e escadas de peixe”.

Essa distância foi estendida no ano de 2002, através da portaria do IBAMA Nº 142 de 30/10/2002 que em seu Artigo 3º resolve:

“Proibir a pesca, de 16 Pesca de espera com malhadeira apoitada e qualquer categoria, modalidade e petrecho, até a distância de 1.500 m (hum mil e quinhentos metros) a montante e a jusante das barragens de reservatórios de usinas hidrelétricas, cachoeiras e corredeiras existentes em cada bacia Hidrográfica”.

Todavia, na Amazônia, agravantes como a falta de equipamentos, falta de contingente técnico em órgãos e instituições de fiscalização da atividade da pesca bem como a extensão territorial tornam difícil o processo de fiscalização e execução das normativas jurídicas associadas aos recursos pesqueiros. Outro agravante para o não cumprimento desta normativa é demanda por pescado ser constante, seja esta demanda para consumo ou para a comercialização, o que faz com que esta atividade aconteça de maneira ininterrupta durante o ano inteiro.

A questão fundamental assenta-se no fato de que, a pesca no pé da barragem é uma das principais áreas de concentração de pescado para a extração, o que compensa economicamente tanto o risco de morte quanto o risco de apreensão dos apetrechos de pesca e da produção diária. Existem algumas alternativas em relação a essa modalidade de pesca, no que tange a possibilidade de seu total abandono (que dificilmente ocorrerá).

A primeira seria o mapeamento de pesqueiros tão produtivos quanto esta área, que apresentem menos riscos, mas que representem a mesma produtividade e as mesmas espécies focais ou espécies que também são localmente apreciadas. O segundo seria o deslocamento para áreas de pesqueiros abundantes, localizados nos arredores da Usina, todavia, à sua jusante.

Isso significa que as alternativas viáveis para o completo abandono da pesca no pé da barragem estão associadas a capacidade de produtividade e relacionadas ao esforço de pesca empreendido para a extração dos estoques pesqueiros disponíveis, sendo condições fundamentais a abundância de pescado e as vantagens econômicas associadas. Por ser uma área de alto risco de morte, há a vigilância constante da

atividade da pesca realizada pela ELN, sem, contudo, haver uma efetividade em sua proibição, pois os pescadores deslocam-se para o pé da barragem em diversos horários, compondo os turnos da manhã, tarde e noite.

Na realidade, a vigilância se dá para evitar acidentes durante a pesca no pé da barragem, que pode ser ocasionada pela abertura dos vertedouros para despejo de água. Esse ambiente de pesca já faz parte do cotidiano das populações haliêuticas que praticam a atividade da pesca artesanal comercial e/ou de subsistência nos arredores da UHE Tucuruí e representa um ambiente de baixa entropia, tanto ecologicamente quanto socialmente, do ponto de vista de um ambiente que novamente entra em equilíbrio após uma intervenção exógena.

Os pescadores se apropriaram de um ambiente já desequilibrado pela construção da barragem e, em seu processo de reequilíbrio, desenvolveram novas técnicas associadas ao novo ambiente, ou seja, utilizam a baixa entropia local associadas a técnicas de extração já existentes, de baixa entropia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Almeida (2015) durante o congresso intitulado “Mil nomes de gaia”, ocorrido no ano de 2015, proferiu uma palestra intitulada “Metafísicas do fim do Mundo e encontros Pragmáticos com a entropia”, na qual destaca que as populações tradicionais têm tido constantes contatos entrópicos significativos ao longo de suas trajetórias. Os encontros entrópicos são também contatos com ontologias diferenciadas (ALMEIDA 2015), ou seja, com maneiras de ser e existir diferenciadas que podem promover o processo de deterioramento ontológico devido a processos homogeneizadores (SANTOS, 2000) engendrados pela apropriação econômica da superfície terrestre (HARVEY, 2005).

Entropia e ontologias, neste sentido, são variáveis importantes dentro de um sistema social, cultural, ecológico, político e econômico específicos que, muitas vezes, não são levados em consideração pelas políticas públicas de mitigação e estímulo ao desenvolvimento e crescimento econômico, bem como de estímulo a produtividade pesqueira.

Primeiramente devido ao fato de que a perspectiva de desenvolvimento associado a atividade pesqueira baseia-se na sua produtividade, ou seja, a pesca é desmembrada de seu caráter social e é tida como uma atividade setorial, que pode ser traduzida na quantidade e variedade de espécies extraídas.

A questão é que a imposição de um sistema de alta entropia que utiliza recursos de baixa entropia produz relações de irreversibilidade, deteriora a energia associada ao recurso, sendo traduzida por sua escassez ou redução de sua disponibilidade e inviabilizando economicamente esta atividade, que do ponto de vista social já gerou desequilíbrio e do ponto de vista ambiental já promoveu depleção.

No caso da UHE Tucuruí, esse processo cíclico de aumento de entropia, equilíbrio e novo aumento de entropia tem engendrado cenários sociais e ambientais não virtuosos e peculiares. No caso da pesca no pé da barragem, sua proibição jurídica faz com que os pescadores artesanais que praticam esta modalidade de pesca estejam sempre em estado de tensão, seja pela possibilidade de morte, seja pela possibilidade de apreensão de seus apetrechos e de sua produção diária. Todavia, sem alternativa viável para o abandono da atividade.

REFERENCIAS

- [1] Almeida, Mauro W. B. de. Metafísicas do fim do mundo e encontros pragmáticos com a Entropia. Palestra proferida no Colóquio Internacional Os Mil Nomes de Gaia: Do Antropoceno à Idade da Terra. 15 a 19 de setembro de 2014 Local: Casa de Rui Barbosa, Rio de Janeiro, 2015.
- [2] Almeida, O. T. de; McGrath, D.; Rivero, S.; Lorenzen, K. Impacto del manejo pesquero sobre la pesca en la Amazonia Brasileña: Caracterización, análisis multiagentes e interacciones. In: Piñedo, Dani; Soria, Carlos (editores). El Manejo de las pesquerías en la Amazonia. Mayol ediciones, AS: Bogotá – Colombia, 2008. Pp. 323 – 334.
- [3] Andrade, Manuel Correia. A atualidade do pensamento de Élisée Reclus. In: Élisée Reclus. Organização de Manuel Correia de Andrade. Coordenação de Florestan Fernandes. São Paulo: Editora Ática, 1985, p. 7-36.
- [4] Cavalcanti, Clóvis. Sustentabilidade: Mantra ou escolha moral ? Uma abordagem ecológico-econômica. Estudos avançados, 2012, 26 (74), p. 35-50.
- [5] Cechin, A. A natureza como limite da economia: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen. São Paulo: SENAC, 2010.

- [6] Cintra, I. H. A.; Juras, Anastácio Afonso; Ludovino, Rui Manuel Rosário. A pesca na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí - Estado do Pará. Boletim Técnico-Científico do CEPNOR, Belém, v. 4, n. 1, p. 77-88, 2004.
- [7] Cintra, I. H. A.; Juras, A. A.; Andrade, J. A. C.; Ogawa, M. Caracterização dos desembarques pesqueiros na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, estado do Pará, Brasil. Bol. Tec. Cient. CEPNOR, v. 7, n. 1, p. 135-152, 2007.
- [8] Cintra, I. H. A. A pesca no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, estado do Pará, Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia de Pesca) - Fortaleza (CE): Universidade Federal do Ceará, 2009a.
- [9] Cintra, I. H. A.; Juras, A. A.; Silva, K. C. A.; Tenório, G. S.; Ogawa, M. Apetrechos de pesca utilizados no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará, Brasil). Bol. Tec. Cient. CEPNOR, v. 9, n. 1, p. 67-79, 2009b.
- [10] Cintra; Israel; Maneschy, Maria Cristina; Juras, Anastácio; Mourão, Rafaella; Ogawa, Mayaoshi. Pescadores artesanais do reservatório da usina hidrelétrica de Tucuruí (Pará, Brasil). Rev. Ci. Agra. v. 54, n.1, p.63-72, Jan/Abr 2011.
- [11] Cintra, Israel Hidenburgo Aniceto; Flexa, Cássio Eduardo; Silva, Mauricio Bastos da Araújo Maria Vera Lúcia Ferreira de; Silva, Kátia Cristina de Araújo. A pesca no reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Amazônia, Brasil. Actapesca. 1 (1). 2013. Pp. 57-78. Page 26 of 29.
- [12] Cruz, M.N. Gestão de Recurso de uso Comum no Pará: O Caso dos Acordos de Pesca na Comunidade de Jaracuera Grande, Cametá, Pará. TCC. Geografia: UFPA/IFCH/FGC, 2010.
- [13] Cruz, M. N.; Moraes, S. C. Acordo de pesca na Amazônia Brasileira Comunidade de Jaracuera, Rio Tocantins, Pará. Momentos de Ciência. 9 (2) 2012, pp: 120 – 126.
- [14] Cruz, M. N. Gestão dos recursos pesqueiros na Resex Mãe Grand de Curuçá: Comunidade Arapiranga de Dentro. Dissertação de mestrado: UFPA/IFCH/PPGEO, 2013. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/8220/1/Dissertacao_GestaoRecursosPesqueiros.pdf Acesso em 22/04/2016.
- [15] Cruz, M. N.; Cañete, V. R. Parques aquícolas de Tucuruí: quando o pescador artesanal vira empreendedor. Anais da 29ª Reunião Brasileira de Antropologia. UFRN: Natal/RN, 2014. disponível em: http://www.29rba.abant.org.br/resources/anais/1/1401999887_Arquivo_trabalhoA_BA05.06.2014.pdf acesso em: 22/01/2016.
- [16] Cruz, M. N.; Cañete, V. R. Do protagonismo à invisibilidade de saberes e práticas: Pescadores artesanais de Tucuruí (Pará) e o Parque Aquícola Breu Branco III. Disponível em: http://eventos.livera.com.br/trabalho/98-1021213_30_06_2015_16-51-31_4562.PDF. Acesso em: 22/01/2016.
- [17] Feny, D. et al. A tragédia dos comuns: vinte e dois anos depois. In: Diegues, A. C.; Moreira, A. C. C. (org.). Espaços e recursos naturais de uso comum. São Paulo: NUPAUB USP, 2002. p. 139 – 160.
- [18] Furtado, Lourdes Gonçalves. Currelístas e redeiros de Marudá: pescadores do litoral do Pará. Belém, MPEG, 1987.
- [19] ____ Características gerais e problemas da pesca amazônica no Pará. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, Belém, v. 6, n. 1, jun. 1990. p. 41-93.
- [20] ____ “Reservas Pesqueiras”, uma alternativa de subsistência para a preservação ambiental: Reflexões a partir de uma proposta de pescadores do Médio Amazonas. In: Furtado, L.; Mello, A. F.; Leitão, W. (ORGS.) Povos das águas: realidades e perspectiva na Amazônia. MPEG/UFPA: Belém, 1993. p. 243 - 276.
- [21] ____ Problemas ambientais e pesca tradicional na qualidade de vida da Amazônia. In: Furtado, Lourdes Gonçalves (org.). Amazônia, desenvolvimento, sociodiversidade e qualidade de vida. Belém: UFPA/Numa, 1997.
- [22] Georgescu-Roegen, Nicholas. O Decrescimento - Entropia, Ecologia, Economia. São Paulo: SENAC, 2012.
- [23] Geertz, C. Do ponto de vista dos nativos: a natureza do entendimento antropológico. In: O saber local: novos ensaios de antropologia interpretativa. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.
- [24] Gellner, E. Cultura, limite e comunidade. In: Antropologia e política. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.
- [25] Giddens, A. Mundo em descontrol: o que a globalização está fazendo de nós. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- [26] ____ As conseqüências da modernidade. São Paulo: Edusp, 1991.
- [27] Goodman, D., SORJ, B, Wilkinson, J. Da lavoura às Biotecnologias. 1990. Disponível em: <http://static.scielo.org/scielobooks/zyp2j/pdf/goodman9788599662298.pdf>. Acesso em: 22/06/2014.
- [28] Hardin, G. The tragedy of the commons. Sience, 1968.
- [29] Harvey, David. O Enigma do Capital: e as crises do capitalismo. Tradução de João Alexandre Peschanski. São Paulo, SP: Bontempo, 2005.

- [30] Henrique, Wendel. Do sentimento da natureza à sua apropriação capitalista: a sociedade e a natureza nas contribuições de Élisée Reclus. *Geographia Opportuno Tempore*, Londrina, v.1, n. 1, jan./jun. 2014. p. 20-33.
- [31] Juras, Anastácio Afonso; Cintra, Israel Hidenburgo Aniceto; Ludovino, Rui Manuel Rosário. A pesca na área de influência da usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará. *Bol. Téc. Cient. CEPNOR*. Belém, v. 4, n. 1, 2004. p. 77-88.
- [32] Machado, Silvio Márcio Montenegro. Élisée Reclus: a atualidade do pensamento de um geógrafo anarquista do século XIX e sua contribuição para a construção de uma Geografia Libertária para o século XXI. In: *Colóquio Internacional Elisee Reclus e a Geografia do Novo Mundo*. 2011, São Paulo, v. unico. p. 1-13.
- [33] Mcgrath, D. G. Manejo comunitário da pesca nos lagos de várzea do Baixo Amazonas. In: FURTADO, L. G. et al. (org.). *Povos das águas: realidades e perspectivas na Amazônia*. MPEG: Belém, 1993a.
- [34] Mcgrath, D.; CASTRO, F.; Futema, C. Amaral, B. D. de. Calabria, J. Fisheries and the evolution of resource management on the lower Amazon foodplain. *Human Ecology*. Vol. 21. Nº 2, 1993b. p. 167 – 195.
- [35] Mcgrath, D.; Castro, F. de; Futema, C. Reservas de lago e o manejo comunitário de pesca no Baixo Amazonas: uma avaliação preliminar. *Paper do NAEA*, Março de 1994. p. 1-16.
- [36] Mcgrath, D. Avoiding a Tragedy of the Commons: Recent Developments in the management of Amazonian Fisheries. In: Hall, Anthony *Amazonia at the Crossroads*. p. 171-197. London: institute of Latin American Studies. 2000.
- [37] Mcgrath, D.; Castro, F. de; Moving toward sustainability in the local management foodplain lake fisheries in the Brazilian Amazon. *Human Organization*. Vol. 62. Nº2, Summer 2003. p. 123 – 133.
- [38] Mcgrath, D.; Almeida, O. T. de; Merry, F. D. The influence of community managements on household economic strategies: Cattle grazing and fishing agreements on the lower Amazon foodplain. *International Journal of the Commons*. Vol. I. nº I. October, 2007. p. 67-87.
- [39] Mcgrath, D.; Cardoso, A.; Almeida, O. T. de. Evolución de um sistema de manejo de pescarias en La llanura inundable de La baja Amazonia. In: Piñedo, Dani; Soria, Carlos (editores). *El Manejo de las pesquerías en La Amazonia*. Mayol ediciones, AS: Bogotá – Colombia, 2008. p. 357 – 352.
- [40] Melo, Alex Fiuza de. In: Furtado, Lourdes Gonçalves (org.); Leitão, Wilma Marques; Mello, Alex Fiuza de. *Povos das águas: realidades e perspectivas na Amazônia*. MPEG: Belém, 1993.
- [41] Morán, Emílio. *A ecologia humana das populações da Amazônia*. Vozes: Petrópolis/Rio de Janeiro, 1990.
- [42] Oliveira, A. M. S.; Thomaz Júnior, Antonio . *Relação Homem - Natureza no modo de produção capitalista*. Scripta Nova (Barcelona), Universidade de BarcelonaEsp, v. VI, p. 1-8, 2002.
- [43] Ostrom, E. *El gobierno de los bienes comunes*. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- [44] Sahlins, M. *Sociedades tribais*. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

Capítulo 11

Efeitos do La Niña, categoria forte, na precipitação do Município de Apuí, Sul do Amazonas

Sara Angélica Santos de Souza

Carlos Alexandre Santos Querino

Juliane Kayse Albuquerque da Silva Querino

Paulo André da Silva Martins

Ísis Ribeiro do Nascimento

Resumo: Devido à grande biodiversidade da região Amazônica, esta desperta interesse por parte de cientistas do Brasil e do mundo. Por estar inserida em uma região tropical, a principal variável que modifica a estabilidade do seu clima é a precipitação. Portanto, analisar possíveis impactos que eventos climáticos, tal como o fenômeno oceânico de grande escala El Niño – Oscilação do Sul (ENOS), é relevante uma vez que este exerce influência no comportamento do clima e modifica a dinâmica da precipitação. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar os impactos causados pelo La Niña, categoria forte, na precipitação de Apuí – Am. O estudo foi realizado através de análise de anos em que houve a ocorrência do evento La Niña, intensidade forte, para o município de Apuí. Os dados de precipitação, nos anos de 1988 e 1989, foram coletados no site da ANA (Agência Nacional de Águas), e após esses anos pelo sensor TRMM_3B42RT do satélite TRMM. Os totais sazonais médios (período seco e chuvoso) e anuais desses anos foram comparadas com as normais climatológicas do município. Os anos de 1988, 1989, 2000, 2008, 2010 e 2011 apresentaram um aumento na precipitação pluviométrica de aproximadamente 20% em relação a normal climatológica do município. O ano que apresentou a maior discrepância entre todos os dados foi 1988, com o total de 48% a mais de chuva que o esperado para aquele ano, seguindo os anos de 1989 e 2008, com 27,6%.

Palavras-chave: ENOS; Sul do Amazonas; Pluviometria.

1. INTRODUÇÃO

A região Amazônica possui a maior floresta tropical permanente do planeta, com uma área total de 7.584.421 km² (VIEIRA, 2013). Devido a sua grande biodiversidade e por apresentar microclimas distintos, a Amazônia desperta interesse por parte de cientistas do Brasil e do mundo (BENTOLILA, 2018). O clima da região é quente e úmido, com vasta disponibilidade de energia solar, e possui a precipitação como a variável meteorológica mais importante para a dinâmica climática regional (DE SOUZA et al., 2016; SOUZA et al., 2018).

A precipitação é originada nas nuvens que se formam a partir da liberação do calor latente da superfície para a atmosfera (DIRMEYER & BRUBAKER, 2007). A região Amazônica possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm ano⁻¹, e na mesorregião sul, essa média pode ultrapassar 1750 mm anuais (FISCH et al., 2018; PEDREIRA JUNIOR et al., 2018).

Estudos observacionais investigaram os padrões espaciais de precipitação em diferentes escalas sobre a Amazônia e verificaram a alta variabilidade pluviométrica devido a manifestação de diversos sistemas meteorológicos, de pequena ou grande escala (DE SOUZA et al., 2016). Neste contexto, o fenômeno de grande escala mais conhecido que afeta não só o clima da região, mas também o nacional e global, é o El Niño Oscilação Sul (ENOS).

O ENOS é constituído de dois componentes: o oceânico, denominado El Niño (EN), e o atmosférico conhecido como Oscilação Sul (OS) (MOLION, 2017). O EN é caracterizado por anomalias positivas da temperatura da superfície do mar (TSM), ou seja, águas mais quentes que as normais se estabelecem no Oceano Pacífico Tropical Centro-Oriental. Quando as anomalias de TSM são negativas, ocorre a fase fria do evento, conhecido pelo nome de La Niña. Este fenômeno altera principalmente o volume de precipitação pluviométrica de uma região (SOUZA et al., 2018).

De modo geral, em períodos de La Niña ocorre o excesso de chuva nas regiões Norte e Nordeste e a escassez nas regiões Sul e Sudeste, ao passo que ocorre o contrário em eventos de El Niño (MOLION, 2017). Na região Amazônica, eventos extremos de chuva alteram significativamente a vazão dos rios e são muito prejudiciais para o ritmo de vida da população que vive, em grande parte, às suas margens. Algumas das principais consequências são o aumento da incidência de doenças, a dificuldade de acesso às escolas e de remanejamento das famílias em casos de enchentes, os prejuízos nas atividades de pesca, agricultura, no transporte, sem falar dos danos na infraestrutura das áreas urbanas, que comprometem as redes de água, esgoto e vias de acesso (LIMBERGER & SILVA, 2016).

Portanto, analisar os possíveis impactos que eventos climáticos podem causar no clima do Amazonas torna-se relevante para sensibilizar o poder público nas tomadas de decisões para prevenções de catástrofes

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi verificar os impactos causados pelo La Niña, categoria forte, na precipitação de Apuí – Am.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo abrange o município de Apuí (07° 11' S, 59° 53' W, 135m), localizado no Sudeste do estado do Amazonas, ao longo da Rodovia Transamazônica (BR 230), cerca de 610 km de Porto Velho/RO e 408 km de Manaus/AM (PAVÃO et al., 2017). O município possui área territorial de 54.245,153 km² e população estimada em 21.583 pessoas (IBGE, 2018). A economia da cidade gira em torno da agropecuária e produção de café, criação gado de corte com aproximadamente 140 mil animais.

Figura 2. Localização geográfica do município de Apuí, Amazonas, Brasil.

Fonte: Autor

O clima da região é classificado, segundo Köppen, como tropical chuvoso, do tipo Am e apresenta dois períodos bem definidos: um chuvoso prolongado (outubro a maio) e um seco de pequena duração (junho a setembro) (CAMPOS et al., 2012; TAVARES & CORDEIRO, 2017). A média de precipitação anual em Apuí é de 2449,6 mm, visto que é esperado 2227,76 mm no período chuvoso e 221,8 mm no período seco.

3.2 DADOS

Os dados de precipitação, no período de 1988/89, foram oriundos da estação convencional da Agência Nacional de Águas – ANA localizada no município, e disponíveis no site da própria agência, no portal HidroWeb (<http://www.snirh.gov.br/gestorpcd>).

Devido a falhas existentes após esses anos, a partir de 1998, os dados foram obtidos pelo sensor TRMM_3B42RT do satélite TRMM, disponibilizados no site da National Aeronautics and Space Administration (NASA) (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/>). Posteriormente, os dados foram tratados e analisados através dos totais pluviométricos sazonais (período seco e chuvoso) e anuais.

Os dados de La Niña, na intensidade forte (anomalia igual ou abaixo de $-1,5^{\circ}\text{C}$), foram obtidos no site do Serviço Climatológico Nacional dos Estados Unidos (NOAA - National Weather Service) (www.nws.noaa.gov) (Tabela 1).

Tabela 2. Anos de ocorrência do fenômeno La Niña, intensidade forte.

Fenômeno	Anos
La Niña	1988/89, 1998/99, 1999/00, 2007/08, 2010/11

Fonte: Autor

3.3 PROCESSAMENTO DE DADOS

Para efeito de referência, os dados foram comparados com a normal climatológica provisória da precipitação deste município. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) não disponibiliza na sua base de dados esta normal. Então, calculou-se a normal climatológica provisória para a precipitação, com dezenove anos de dados do satélite TRMM, no período de 1998 a 2017. O termo Normal Climatológica Provisória é empregado quando o número de anos para os quais se dispõe de médias mensais, para o cálculo da média climatológica, é menor que 30 e igual ou maior que 10 anos (INMET, 2009).

Na análise estatística, o intervalo de confiança foi calculado por $IC_{95\%} = \mu \pm e_o$, onde μ é a média calculada e e_o a margem de erro dada por $e_o = Z \cdot \sigma_n$, sendo Z o valor da distribuição normal padrão para 95% de confiança ($Z = 1,96$), σ o desvio padrão calculado e n o número de informações. Os $IC_{95\%}$ foram plotados em gráficos e comparados com o valor da normal climatológica considerando os respectivos períodos sazonais por ano na cidade estudada (Figura 2).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica aumentou aproximadamente 20%, nos anos 1988, 1989, 2000, 2008, 2010 e 2011 em relação a normal climatológica do município. O ano que apresentou a maior discrepância entre todos os dados foi 1988, com o total de 48% de precipitação a mais que o esperado para aquele ano, seguido dos anos de 1989 e 2008, com uma média de 27,6% em ambos os casos. No norte do Amazonas, o intenso episódio de La Niña, ocorrido em 1988/89, mostraram valores maiores que a média normal em relação a vazão do Rio Amazonas e a cota do Rio Negro, em Manaus (SAMPAIO et al., 1998).

Todavia, houve anos (1998, 1999 e 2007) em que a precipitação foi reduzida em aproximadamente 15 %. Estas reduções podem ter sido resultado dos El Niños que ocorreram anteriormente a estes anos, principalmente o de intensidade forte ocorrido no período de 1997/98, sendo um dos mais intensos já registrados (KAYANO et al., 2016). Sampaio et al. (1998) afirma que no Norte da Amazônia, em anos de ocorrência de La Niña, os valores de vazão dos rios são geralmente maiores que a média normal, porém o sul do estado não mostra associações claras com os extremos deste evento.

Evidencia-se ainda que os eventos ocorridos no período de 1998, 1999 e 2000 destacaram-se por sua longa duração. Os impactos mais intensos foram observados apenas a partir de janeiro de 1999 (KAYANO et al., 2016). Na região de Manaus, a precipitação anual foi de 34% maior do que a média normal anual (HIGUCHI et al., 2011).

Tabela 3. Total pluviométrico anual do município de Apuí nos períodos sazonais e comparados com a normal climatológica (NC)

Anos	Período chuvoso (mm)	Período seco (mm)	Total (mm)	Diferença da NC (mm)
1988	3444,0	180,8	3624,8	1175,2
1989	2737,8	334,6	3072,4	622,8
1998	1915,6	197,6	2113,2	-336,4
1999	1553,1	242,0	1795,1	-654,5
2000	2253,7	374,1	2627,8	178,2
2007	2241,1	118,9	2360,0	-89,6
2008	3008,2	168,5	3176,7	727,1
2010	2277,3	212,3	2489,6	40,0
2011	2495,3	170,5	2665,8	216,2

5.ANÁLISES ESTATÍSTICAS

De nove anos estudados, um total de 4 ficaram fora da linha de média da precipitação, em algum dos dois períodos sazonais (Figura 2). O que maior apresentou distancia da linha de média foi 1988, ficando acima da linha de média da precipitação para o período chuvoso. Seguindo, o período seco do ano de 2000 ficou acima da linha de média do período seco, e o ano de 2008 ficou acima da linha de média do período chuvoso. Abaixo das linhas de médias sazonais ficaram o ano de 1999, no período chuvoso, e no período seco, o ano de 2007.

Através da análise estatística, observa-se que são poucos os anos que apresentaram valores acima das linhas de média da precipitação, tanto no período seco quanto no chuvoso. Isto indica não houve um aumento considerável da precipitação neste município. A princípio, pode-se afirmar que o evento não afeta de forma significativa a precipitação do município estudado.

Em estudo semelhante, Marcuzzo & Oliveira (2012) observaram que nas regiões de Rondônia e Mato Grosso, próximas ao sul do Amazonas, os impactos do La Niña são menos intensos que os do El Niño, diferente dos impactos bem mais intensos que ocorrem no norte da Amazônia.

Figura 3. Intervalos de Confiança (95%) da precipitação (mm) nos períodos sazonais para o município de Apuí.

Fonte: Autor

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que em anos de ocorrência do fenômeno La Niña, intensidade forte, o município de Apuí, Sul do Amazonas, foi afetado pelo evento, com aumento da precipitação de 20 % na maioria dos anos, com as maiores anomalias obtidas no La Niña de 1988/89.

Evidencia-se que este município não obteve um aumento considerável na precipitação, com apenas 33,5% dos anos apresentando anomalia positiva.

Sugere-se que estudos sejam realizados abrangendo toda a mesorregião sul do estado, para um maior dimensionamento dos impactos de La Niña para o Sul da Amazônia.

REFERÊNCIAS

- [1] Bentolila, L. B. V. Conforto e desconforto ambiental nos municípios da mesorregião Sul do Amazonas. 2018. 44 f. Monografia (graduação em engenharia ambiental) – Universidade Federal do Amazonas, Humaitá, 2018.
- [2] Campos, M. C. C.; Ribeiro, M. R.; Junior, V. S. S.; Filho, R. R. M.; Almeida, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazônica*, v. 42, n. 3, p. 387-398, 2012.
- [3] De Souza, E. B.; Carmo, A. M. C.; Moraes, B. C.; Nacif, A.; Ferreira, D. B. S.; Rocha, E. J. P.; Souza, P. J. O. P.; Lopes, M. N. G.; Rocha, E. J. P. Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia Legal Brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo regcm4. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 2237-8642, 2016.
- [4] Dirmeyer, P. A.; Brubaker, K. L. Characterization of the Global Hydrologic Cycle from a Back-Trajectory Analysis of Atmospheric Water Vapor. *J. Hydrometeorology*, v. 8, p. 20-37, 2007.
- [5] Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. Clima da Amazônia. Disponível em: <<http://Climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>>. Acesso em: 03 abril, 2019.
- [6] Higuchi, N.; Santos, J.; Lima, A. J. N.; Higuchi, F. G.; Chambers, J. Q. A floresta Amazônica e a água da chuva. *Revista Floresta*, v. 41, n. 3, p. 427-434, 2011.
- [7] Ibge – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística Populacional – Estimativa 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques&c=1301704>>. Acesso em: 04 abril, 2019.
- [8] Inmet – Instituto Nacional de Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p. 2009.

- [9] Kayano, M. T.; Andreoli, R. V.; Souza, R. A. F. ; Garcia, S. R. ; Calheiros, A. J. P. El Niño e La Niña nos Últimos 30 Anos: Diferentes Tipos. *Climanálise*, v. 4, p. 7-12, 2016.
- [10] Limberger, L.; Silva, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. *Revista Geosp – Espaço e Tempo*, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.
- [11] Marcuzzo, F. F. N.; Oliveira, N. L.; Cardoso, M.R.D. Tendência do Número de Dias de Chuva no Estado do Mato Grosso e a Relação dos seus Extremos com o Fenômeno Enos. *Ciência e Natura*, v. 34, p. 59-82, 2012.
- [12] Molion, L. C. B. Gênese do El Niño. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.21, p. 2237-8642, 2017.
- [13] Pavão, V. M.; Nassarden, D. C. S.; Pavão, L. L.; Machado, N. G.; Biudes, M. S. Impacto da Conversão da Cobertura Natural em Pastagem e Área Urbana sobre Variáveis Biofísicas no Sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 32, p. 343-351, 2017.
- [14] Pedreira Junior, A. L.; Querino, C. A. S.; K.A.S.Querino, J.; Santos, L. O. F.; Moura, A. R. M.; Machado, N. G.; Biudes, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá – Am. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 463-475, 2018.
- [15] Sampaio, G.; Marengo, J.A.; Kousky, V. O final do episódio El Niño de 1997/98 e o desenvolvimento e a intensificação do La Niña 1998/99. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da Federação Latino-americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia, 1998, Brasília. *Anais*, 1998.
- [16] Souza, S. A. S., Querino, C. A. S., Querino, J. K. A. S., Pedreira Junior, A. L., Santos, L. O. F. Impactos do El Niño na precipitação em Humaitá - AM. In: V Seminário Internacional em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, 5, 2018, Manaus. *Anais do Seminário Internacional de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia*, 2018.
- [17] Tavares, L., Cordeiro, L. Perfil socioeconômico e ambiental do sul do estado do Amazonas: Subsídios para Análise da Paisagem. WWF-Brasil, 2017.
- [18] Vieira, S. O. Efeitos da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre as chuvas da região sul da Amazônia brasileira. Manaus: INPA, 2013. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) – Universidade Estadual do Amazonas, 2013.

Capítulo 12

Biorrefinarias: Um panorama do avanço tecnológico no setor de produtos florestais e Biocombustíveis.

Leonardo Amador Cruz

Fernando José Borges Gomes

Rafael Eloy de Souza

Edvã Oliveira Brito

Fernando Almeida Santos

Resumo: Existe uma tendência mundial na busca de soluções energéticas que possam ser alternativas sustentáveis, quando comparadas ao petróleo e seus derivados. O Brasil desde o século passado investiu em políticas e pesquisas que trouxeram consolidação a produção de biocombustíveis, os resultados são visíveis tendo em vista que o país hoje é líder mundial na exportação de etanol, majoritariamente produzido a partir da cana-de-açúcar. Entretanto, devido a obstáculos, como o alto custo de implantação e a baixa capacidade tecnológica atual, existem potencialidades que não são exploradas em sua totalidade, como por exemplo o etanol de segunda geração (etanol 2G). Nesse contexto, este trabalho versou sobre o estado da arte da produção de etanol 2G. As rotas de obtenção desse biocombustível são estudadas no mundo todo, inclusive com forte presença do setor privado, porém encontram-se dificuldades em relação ao pré-processamento da biomassa, com objetivo de separação da lignina, permitindo que apenas a celulose e a hemicelulose sejam convertidas em açúcares fermentáveis para produção do etanol 2G. Contudo o processo de hidrólise enzimática utilizado na fermentação ainda é caro e lento, o que consequentemente influencia no preço do produto, portanto estuda-se rotas tecnológicas que possam diminuir o custo de produção e instalação de biorrefinarias, inclusive integrando-as a indústrias onde resíduos de biomassa de interesse são gerados, e também desenvolvendo o melhoramento de microrganismos, para estes que sejam capazes de metabolizar as pentoses – açúcares de 5 carbonos, geradas a partir das hidrólises das hemiceluloses – em açúcares fermentáveis.

Palavras-chave: Celulose; Hemiceluloses; Etanol.

1. INTRODUÇÃO

O setor de produção de etanol no Brasil, antes denominado de setor sucroalcooleiro, evoluiu significativamente no decorrer dos anos e hoje entende-se que se trata de um setor sucroenergético. A produção de biocombustíveis no país desenvolveu-se durante o século passado, mais precisamente na década de 30, com a crise econômica e com decorrer da Segunda Guerra Mundial, houve nesse período grande expansão da produção de biocombustível de cana-de-açúcar, que passou inclusive a ser adicionado obrigatoriamente *via* Decreto-Lei nº 737 (BRASIL, 1938, art. 01) a gasolina, fazendo com que o país se tornasse o primeiro a produzir e fazer uso de biocombustível em sua frota de veículos.

Posteriormente, segundo Silva (2013) em 1975, o governo brasileiro fez a implantação do Programa Nacional do Alcool (Proálcool), sendo, portanto, uma política de fortalecimento do setor alcooleiro, tendo em vista a crise do petróleo de 1973. Essa medida visava o aumento da produtividade das refinarias, aumentando a frota de veículos movidos a álcool e estimulando a modernização da agroindústria do açúcar.

O Programa manteve-se bem até o ano de 1986, onde devido à queda do preço internacional do barril do petróleo tornou-se inviável a produção e comercialização de etanol para uso energético. Além disso, no início da década de 90 houve um aumento internacional no preço do açúcar, o que tornava mais vantajoso para as refinarias a produção deste. Tendo em vista esse cenário de conjunturas mundiais, observou-se no fim do século passado uma desconfiança por parte do mercado com o uso do biocombustível, já que a situação supracitada gerava desde a falta do etanol nos postos de abastecimento devido à valorização do açúcar a uma alta relativa nos preços, e associado ao fato de ter ocorrido a desvalorização do preço do petróleo. (Di Serio *et al.* 2013).

O abandono do Proálcool na década de 90, demonstrou não somente a grande desvalorização dos biocombustíveis em tendência mundial naquela época, como também um problema recorrente ainda em tempos atuais que é em relação ao desequilíbrio da balança comercial entre o etanol e o açúcar, tendo em vista que a produtividade de etanol tende a cair com a valorização do açúcar no mercado internacional. Consequentemente, com o abandono do programa acentua-se uma queda na produção de veículos movidos a álcool (Di Serio *et al.* 2013).

A valorização do etanol na última década ocorre, principalmente devido ao interesse do setor automobilístico na produção de automóveis *flex fuel* e a política de incentivo a nível mundial, posterior ao Protocolo de Kyoto, em biocombustíveis. Essa mudança de rumos trouxe ao etanol competitividade frente a combustíveis fósseis, como também fez com que o país ampliasse seus incentivos para produção de outros biocombustíveis, como é o caso do biodiesel, que avançou significativamente no país a partir de 2004. Atualmente, segundo dados do governo federal, o Brasil conta com uma indústria consolidada na produção de biodiesel com uma capacidade superior a seis milhões de metros cúbicos do biocombustível, tornando o país um dos maiores mercados na área em conjunto com Alemanha e EUA. Com relação a produção de etanol estima-se que hoje existam por volta de 410 usinas e destilarias realizando a moagem de 665 milhões de toneladas de cana e produzindo, por exemplo em 2017/2018, 27.859 milhões de m³ de etanol, tendo a maior parte da produção nacional alocada entre os estados de São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Paraná (Unica 2018). A distribuição de usinas por unidade federativa, bem como a predominância em números de usinas pelos estados supracitados, pode ser verificada na Figura 1.

Figura 4 - Distribuição de usinas por unidade federativa, onde na legenda ao lado direito é observado o número de usinas.

Fonte: adaptado - Novacana.com

Embora, ainda que haja problemas com a safra, o país está consolidado no mercado de biocombustíveis. As grandes necessidades do setor hoje se encontram em formas de reduzir os custos de produção do etanol para que ele seja competitivo frente a gasolina e métodos de desenvolvimento tecnológico que viabilizem a produção e comercialização de biocombustíveis de segunda geração. Atualmente o Brasil é o segundo maior produtor e consumidor de etanol no mundo, perdendo apenas para os Estados Unidos da América (EUA). Em recente avaliação da Agência Internacional de Energia (IEA), relacionada à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), prevê crescimento de até 19% para o setor de transportes entre 2018 e 2023, portanto para Brasil como um país de destaque na produção de biocombustível a entidade estima crescimento de 8,8 bilhões de litros, o que faria o país passar de 27,7 para 36,5 bilhões de litros de etanol, em um cenário de crescimento normal, enquanto para um contexto de crescimento acelerado estima-se que a produção possa chegar a 38 bilhões de litros (Nova Cana, 2019).

O etanol 2G é produzido a partir de materiais lignocelulósicos, proveniente de biomassas agrícolas e florestais. Contudo, atualmente no país, pelo fato de ser a matéria-prima predominante na produção de etanol 1G, a cana-de-açúcar tem sido a principal área de produção e pesquisa de etanol 2G (Milanez *et al.* 2015). Portanto, é de suma importância para o Brasil a utilização do conceito de biorrefinaria, para ampliação da matéria-prima para produção de etanol de segunda geração, sabendo-se que o país é campeão de produção em diversas culturas tal qual demonstrado na **Tabela 1**, que por consequência geram toneladas de resíduo a cada ciclo de produção.

Tabela 4 - Principais produtos e a posição do Brasil no ranking mundial de produção em 2018.

Principais Produtos	Brasil - Ranking Mundial	
	Produção	Exportação
Açúcar	1º	1º
Café	1º	1º
Milho	3º	3º
Soja Grão	2º	1º
Algodão	4º	2º

Fonte: adaptado de Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2019)

Nesse cenário descrito é de extrema importância a discussão a respeito de biorrefinarias, pois existe hoje um engajamento de países como os EUA, a China e de países da União Europeia (UE) para viabilizar a comercialização do etanol 2G (Milanez *et al.* 2015). Além disso, devido à desvalorização do Petróleo – que acaba tornando o biocombustível menos competitivo – entende-se que é importante avaliar medidas que alavanquem o mercado sucroenergético, atuando principalmente na garantia da segurança da produtividade e na garantia da manutenção dos investimentos no setor (Bastos 2012).

2.A CANA-DE-AÇÚCAR E OS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO NAS USINAS

A cana de açúcar é uma planta perene originária do continente asiático (principalmente na Índia e China) e da Oceania (Nova Guiné), que é cultivada ao longo de muitos anos. É uma espécie de família Poaceae e gênero *Saccharum*, que foi trazida oficialmente para o Brasil, durante as capitânicas hereditárias, por Martim Affonso de Souza para a Capitania de São Vicente, sendo nesta construída o primeiro engenho, contudo foram nas Capitânicas de Pernambuco e Bahia que a cana-de-açúcar obteve maior desenvolvimento (UDOP – União Nacional de Bioenergia).

A espécie pode ser detalhada de forma morfológica, tendo seu caule aéreo, ereto e em formato de colmos com nós e entrenós bem marcados, atingindo de 2-5 metros, suas folhas são lanceoladas com brotação no nós dos colmos e inflorescência paniculada. (BNDES & CGEE 2008). Além disso a planta possui ciclo fotossintético C4, o que pode estar diretamente relacionado ao sucesso da sua adaptação inicial no nordeste brasileiro que oferece condições constantes de estresse hídrico, tendo em vista que plantas do tipo C4 possuem mecanismos concentradores de CO₂ nas células do mesófilo, o que permitem uma maior eficiência no uso da água devido ao processo de fechamento parcial dos estômatos quando submetidas a condições de saturação de CO₂, reduzindo a evapotranspiração (Marin & Nassif, 2013).

Conforme ilustrado na Figura 1 somente a parte aérea da planta é utilizada pela indústria sucroenergética, sendo composta pelo caule em colmos, os quais são constituídos por fibras (celulose, hemicelulose e lignina) e açúcares (sacarose, frutose e lactose), além de 80% da água da planta e pelas folhas, que se faz presente na forma de folhas verdes (jovens) e folhas da bainha (secas), comumente chamada de palha (Cortez *et al.*, 2013).

Figura 5 - Regiões constituintes da cana-de-açúcar.

Fonte: Extraído de SUCRE (Sugarcane Renewable Electricity) e adaptado segundo Cortez *et al.*, 2013.

O sucesso do programa sucroalcooleiro brasileiro reflete uma necessidade mundial no avanço do uso de combustíveis renováveis, porém ressalta-se que segundo Cortez *et al.* (2013) o conteúdo energético aproveitado ainda é baixo da ordem de 26%, quando levado em consideração o não aproveitamento do bagaço e da palha da cana na produção de energia elétrica excedente ou etanol, sendo também uma

possibilidade o uso da vinhaça para cogeração energética, já que atualmente grande parte das usinas aproveitam esse resíduo para fertirrigação do solo nos canaviais.

O bagaço é um material fibroso sólido e altamente volumoso, gerado nas usinas durante a etapa de prensagem da cana-de-açúcar, sendo gerado para cada tonelada de cana moída cerca de 250kg do resíduo (Bonassa *et al.* 2015). Em sua constituição são encontradas quatro frações: fibras celulósicas (45%), água (51-49%), teor de sólidos de (2-3%) e teor de extrativos (2-3%) (Cortez *et al.*, 2013). A queima de biomassa agrícola responde, segundo dados do Balanço Energético Nacional 2018 (BEN, 2018), por cerca de 8,2% da matriz energética nacional, esse resultado somente é superado pela energia proveniente das hidrelétricas e do gás natural, respectivamente, dentre as biomassas destaca-se o bagaço de cana. Segundo dados obtidos por Cortez & Magalhães (1992), a quantidade gerada de bagaço por tonelada de cana-de-açúcar quando convertida em energia calorífica é capaz de gerar 560.000kcal, enquanto a mesma quantidade de etanol propicia 392.000kcal.

De acordo com Bonassa *et al.* (2015) a palha é um resíduo gerado durante a colheita da matéria-prima, sendo queimado ou depositado sobre o solo. A composição química em carbono e hidrogênio da palha é semelhante à do bagaço, bem como suas frações constituintes de celulose, hemicelulose e lignina, e juntos compreendem 90% da massa seca dos componentes da planta, sendo gerado na mesma proporção de 14 toneladas/ha (base seca), seu uso apesar do alto potencial energético é pouco explorado devido ao alto custo de recuperação e o transporte, sendo também importante ressaltar que grande parte das usinas são cogeneradoras de energia utilizando o bagaço, não sendo necessária a utilização do bagaço. Outro fator de entrave para o uso energético da palha é o alto teor de minerais encontrados em seus componentes (Cortez *et al.*, 2013).

Outro subproduto gerado nas usinas é a vinhaça, que segundo Cortez *et al.* (2013), é o líquido que procedente da destilação do vinho, este que é o produto da fermentação alcoólica do caldo de cana-de-açúcar. É um resíduo com elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e química (DQO), baixo pH e elevada capacidade corrosiva, segundo o mesmo autor, sendo produzida na ordem de 10-15 litros de vinhaça por litro de etanol, onde devido a sua composição química que possui quantidades relevantes de fósforo, nitrogênio, cálcio e magnésio, sua principal utilização nas usinas é na fertirrigação do solo, antes da realização de um novo cultivo.

A sacarose, presente principalmente nos colmos, é um dissacarídeo de glicose e frutose, sendo utilizada para a geração de etanol de primeira geração (1G) nas usinas *via* fermentação e para produção de açúcar por separação e cristalização (Vaz Júnior, 2013), Além disso, segundo o mesmo autor, podem ser obtidos diferentes produtos a partir da celulose e hemicelulose, destacando-se a xilose e a glicose. Na **Tabela 2** são relacionados os resíduos, seus constituintes e seu uso econômico:

Tabela 5 - Resíduos, seus constituintes e seus respectivos usos.

Resíduo	Constituição principal	Uso
Sacarose	Glicose e frutose	Açúcar comercial, etanol 1G e sucroquímica
Bagaço	Lignina, celulose, hemicelulose, inorgânicos e água	Alimentação animal; Bioenergia <i>via</i> cogeração; Compostos químicos renováveis substitutos dos petroquímicos, a partir da lignina, celulose e hemicelulose; Etanol 2G a partir da celulose e eventualmente da hemicelulose; Materiais alternativos diversos, como fibras e polímeros a partir da celulose e lignina.
Palha	Lignina, celulose, hemicelulose, inorgânicos e água	Bioeletricidade <i>via</i> cogeração; Compostos químicos renováveis substitutos dos petroquímicos, a partir da lignina, celulose e hemicelulose; Etanol 2G a partir da celulose e eventualmente da hemicelulose;
Vinhaça (efluente aquoso)	Matéria orgânica solubilizada, sólidos inorgânicos insolúveis, sais inorgânicos solúveis e água.	Biogás <i>via</i> digestão anaeróbica; Fertilizante <i>via</i> digestão anaeróbica.

Fonte: adaptado de Vaz Júnior, 2013.

3. PLATAFORMAS DE BIORREFINARIAS

A concepção acerca de Biorrefinarias surgiu na década de 90 buscando sobretudo segurança energética, visto as frequentes ameaças de escassez de petróleo, e a utilização da biomassa agrícola para potencializar a produção de biocombustíveis (Oliveira 2016). Devido à recente criação do conceito e o desenvolvimento do mesmo, existem diversas classificações de biorrefinarias, porém grande parte delas são baseadas no: (i) tipo de matéria-prima – biomassa – utilizada (biorrefinarias verdes, biorrefinaria integral de colheitas, biorrefinaria lignocelulósica e biorrefinaria marinha), (ii) tipo de tecnologia utilizada (bioquímica ou termoquímica), (iii) estado da tecnologia utilizada (biorrefinaria convencional, biorrefinaria avançada e biorrefinarias de 1ª e 2ª geração), (iv) principal produto produzido (etanol, biodiesel) e (v) intermediário produzido (lignina, gás de síntese, açúcar). Em suma, destaca-se que a capacidade de flexibilidade frente a novas matérias-primas, nesse caso a utilização de biomassa agroflorestal, e a adaptabilidade das biorrefinarias diante das mudanças tecnológicas que são demandadas, principalmente na produção de subprodutos de interesse, como por exemplo do setor alimentício (Cherubini et al. 2009).

Para a produção do biocombustível celulósico a partir de biorrefinarias são necessárias basicamente etapas de pré-tratamento da biomassa, deslignificação, sacarificação, fermentação e destilação.

Na etapa de pré-tratamento é feito a desestruturação da biomassa, onde é quebrada a estrutura cristalina da fibra lignocelulósica, que é responsável pela alta resistência da celulose a processos de hidrólise ácida, alcalina e enzimática. Dessa forma os processos de pré-tratamento visam a desestruturação do complexo celulose-hemicelulose-lignina e ampliação da concentração de polissacarídeos, que posteriormente serão convertidos em monossacarídeos no processo de sacarificação. Os pré-tratamentos podem ser químicos, físicos ou biológicos, sendo mais utilizados pré-tratamentos químicos e combinados, pois conseguem remover a lignina sem que haja perda significativa de celulose, sendo esta etapa de deslignificação essencial para o processo, tendo vista que a lignina e a hemicelulose dificultam o acesso dos reativos e catalisadores a celulose. As técnicas de pré-tratamento mais utilizadas na indústria hoje consistem na explosão a vapor, AFEX e Hidrólise com ácido fraco (Santos *et al.* 2012). Na **Figura 3** observa-se a representação da alteração da estrutura cristalina do complexo celulose-hemicelulose-lignina após a etapa de pré-tratamento.

Figura 6 - Desestruturação da estrutura lignocelulósica após a etapa de pré-tratamento.

Fonte: adaptado de Santos *et al.* (2012).

A biomassa lignocelulósica é o mais abundante recurso biológico renovável da terra, segundo Santos *et al.* (2012), portanto é de suma importância o estudo de rotas químicas e bioquímicas para a transformação desta em energia, insumo químicos, biocombustíveis ou materiais e produtos químicos. Posteriormente a etapa de pré-tratamento da biomassa ocorre a etapa de deslignificação ou polpação, nessa etapa ocorre a obtenção da pasta celulósica e a separação da lignina. São processos já aplicados pela indústria a polpação organossolve, soda, sulfito e kraft, além de outras (Marabezi, 2014).

A polpa formada passa por processo de despolimerização segundo Vaz Júnior (2013), onde são liberados os monômeros de glicose do polissacarídeo de celulose. De acordo com Santos *et al.*, (2012), a celulose é o polímero natural de maior abundância no planeta, sendo constituído por monossacarídeos de glicose unidos por ligação covalente, formando um homopolímero com ligações β -1,4 glicosídicas, ocorrem também ligações intramoleculares de hidrogênio, o que aumenta o grau de polimerização da estrutura,

que tende a formar regiões cristalinas, e ligações intermoleculares entre as hidroxilas, ocorrendo a formação da fibra celulósica, trazendo a mesma alta recalcitrância e insolubilidade em água.

A hidrólise da celulose em glicose pode ser realizada de forma combinada utilizando ácidos homogêneos e enzimas, os ácidos homogêneos: sulfúrico (H_2SO_4), nítrico (HNO_3), perclórico (HClO_4), fosfórico (H_3PO_4), clorídrico (HCl), fluorídrico (HF) e fórmico (CH_2O_2), apresentam vantagens em relação ao custo e a atividade de catálise, porém os mesmos tem alto poder corrosivo aos reatores, necessitam de altas temperaturas de reação e apresentam baixa seletividade, quando comparados as enzimas que são mais seletivas e exigem uma menor temperatura de catalisação, em contrapartida a hidrólise acontece de forma mais lenta e o alto custo das enzimas também representam um entrave para a utilização desses métodos. Uma perspectiva para o setor é a utilização de catalizadores ácidos sólidos, que se apresentam como uma alternativa de maior eficiência econômica, sustentável e de alto potencial catalítico para a sacarificação da celulose, dentre esses destacam-se os ácidos sólidos carbonáceos que são estruturas de carbonos que possuem grupos carboxílicos, fenólicos e grupamento de ácido sulfônico, para que ocorra a sua adsorção a molécula de celulose e posterior hidrólise da mesma (Miranda, 2017), tal mecanismo para obtenção da glicose *via* ácidos sólidos carbonáceos pode ser verificado na Figura 4.

Figura 7 - Processo de hidrólise da celulose por meio de ácidos sólidos carbonáceos.

Nos processos de sacarificação ocorrem a geração de açúcares fermentescíveis de 6 carbonos e de 5 carbonos para que micro-organismos possam realizar fermentação desses. Por fim, aplica-se um processo de separação para que seja separado o etanol 2G gerado dos outros subprodutos (Oliveira 2016).

Segundo Vaz Júnior (2013), para além da produção do etanol de segunda geração destacam-se outros produtos que podem ser obtidos a partir da glicose da celulose, da xilose da hemicelulose e da lignina. Tais produtos e seus respectivos precursores podem ser encontrados na Tabela 3.

Tabela 6 - Novos produtos de alto valor agregado produzidos a partir da cana-de-açúcar.

Produtos desenvolvidos	Precursor	Tipo de rota
Ácido 2,5-furanodicarboxílico	Glicose da celulose	Síntese orgânica Síntese bioquímica <i>via</i> fermentação
Ácido succínico	Xilose da Hemicelulose	Síntese bioquímica <i>via</i> fermentação.
Derivados da celulose (ácidos, éster, nitratos, éters e etc.)	Celulose	Síntese orgânica
Fenóis	Lignina	<i>Cracking</i> catalítico
Furfural	Xilose de Hemicelulose	Síntese orgânica
Gás de síntese ($\text{CO}_2 + \text{H}_2$)	Biomassa lignocelulósica	Gaseificação
5-Hidroximetilfurfural	Celulose	Síntese orgânica
Ligninas sulfonatadas	Lignina	Síntese orgânica
Xilitol	Xilose da Hemicelulose	Síntese orgânica

Fonte: adaptado de Vaz Júnior (2013).

4.POTENCIALIDADES DO ETANOL 2G

Uma das contribuições que o etanol 2G pode trazer a sociedade é o seu potencial para uma fonte de combustíveis mais sustentáveis. É possível conseguir uma produção até 50% maior de etanol 2G para mesma área de produção de etanol 1G, não sendo necessário ampliar em grandes proporções as áreas agrícolas (Milanez *et al.* 2015). Além disso, existe uma questão essencial no desenvolvimento de biorrefinarias no Brasil, que é a vantagem logística existente, já que hoje a maior parte das refinarias estão presentes na região Centro-Sul do país. Logo, é vantajoso geograficamente a utilização de biorrefinarias integradas a refinarias de açúcar e etanol 1G ou até mesmo biorrefinarias com modelos *stand alone* – plantas para produção de etanol 2G não integradas a outras refinarias – na região supracitada. Em suma, isso traria desde desenvolvimento econômico, geração de empregos a redução de custos em relação ao custo de transporte de biomassa, segundo (Alisson 2017).

Ao contrário da cana-de-açúcar, que deve ser processada após a colheita, os resíduos agrícolas resultantes da produção do etanol de primeira geração podem ser armazenados e utilizados posteriormente, em períodos de entressafra ou em períodos de safra reduzida, quando as usinas estão ociosas. Esses novos insumos podem também viabilizar a produção de etanol em regiões e países com escassez ou inadequação de áreas para o cultivo da cana (Milanez *et al.* 2015).

Atualmente, existem três biorrefinarias para produção de biocombustíveis, duas em escala comercial e uma em escala piloto. Segundo Milanez *et al.* (2015) as duas plantas em escala comercial têm potencial para produção de 140 milhões de litros por safra de cana-de-açúcar. Entretanto, ambas atuam com capacidade reduzida, em função do aprimoramento do sistema produtivo. Dessa forma, elas acabam produzindo aproximadamente menos da metade da capacidade ideal. A empresa Raízen, por exemplo, é pioneira na fabricação de etanol 2G no Brasil e estuda a instalação de mais 7 unidades de biorrefinarias até 2024 (Alisson 2017).

Uma outra perspectiva é fazer a utilização de biomassa florestal na produção de biocombustíveis, visto que já existem pesquisas que comprovam a eficiência de cascas de eucalipto e pinus descartadas na produção de celulose, na produção de etanol. Estima-se que 1 tonelada de biomassa florestal permita produzir cerca de 200 quilos de açúcares fermentescíveis. Segundo Bragatto (2010) essa quantidade de açúcares é suficiente para produção de cerca de 100 litros de etanol.

Em relação a produtividade nas biorrefinarias, um dos importantes campos de estudo é o melhoramento genético de leveduras utilizadas na sacarificação e na fermentação da matéria-prima, além da possibilidade de ter esses processos acontecendo de forma simultânea e mais eficiente, em etapas químicas combinadas de pré-tratamento (Vieira 2016). É essencial o desenvolvimento de leveduras que sejam capazes de tolerar as concentrações elevadas de etanol e açúcar e que também sejam capazes de fermentar pentoses, provenientes da hidrólise das moléculas de hemiceluloses. Hoje a *Saccharomyces cerevisiae* é a principal levedura utilizada no processo, devido à alta tolerância a concentração de etanol. Contudo, esse microrganismo tem dificuldade na fermentação de pentoses. Logo, é necessário desenvolvimento de microrganismos que consigam fazer a fermentação de ambos os açúcares gerados (Vieira 2016).

5.CONCLUSÃO

Almejando-se sustentabilidade das indústrias sucroenergéticas, é essencial que se pense no conceito e na aplicação de biorrefinarias, pois estas tecnologias poderão aumentar a produtividade dos biocombustíveis no país, aumentar a diversificação dos produtos obtidos e a competitividade do etanol em relação a gasolina, o qual é um combustível fóssil e limitado. Embora a capacidade de produção seja reduzida muitas vezes devido a competitividade etanol/açúcar e ainda se desconheça, em sua totalidade, as perspectivas da produção no país, espera-se que políticas públicas atuem para regulamentar o setor, difundir e trazer subsídios para os consumidores finais de forma a atuar para manutenção dos investimentos em parceria com o setor privado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte fornecido pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

REFERÊNCIAS

- [1] Alisson, E. (28 de setembro de 2017). Etanol de segunda geração poderá ser economicamente viável a partir de 2025. Agência FAPESP. Disponível em: agencia.fapesp.br/etanol-de-segunda-geracao-podera-ser-economicamente-viavel-a-partir-de-2025/26272/. Acessado em: 08 de setembro de 2018.
- [2] Balanço Energético Nacional 2018 (BEN). Ano base 2017. Disponível em: http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018_Int.pdf. Acessado em: 15/10/2019.
- [3] Bastos, V. D. (2012) Biorrefinarias, biocombustíveis e química renovável: revolução tecnológica e financiamento. Revista do BNDES 85:138. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1963>. Acessado em: 08 de setembro de 2018.
- [4] Bragatto, J. (2010). Avaliação do potencial de casca de casca de *Eucalyptus spp.* para produção de bioetanol. Dissertação de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". USP – Universidade de São Paulo. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11144/tde-13122010.../Juliano_Bragatto.pdf. Acessado em: 12 de setembro de 2018.
- [5] Bndes; Cgee. Banco Nacional de Desenvolvimento Social e Econômico; Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. Bioetanol de cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: BNDES e CGEE, 2008. 326p.
- [6] Bonassa, G.; Schneider, L. T.; Frigo, K. D. A. de.; Feiden, A.; Teleken, J. G.; Frigo E. P. Subprodutos Gerados na Produção de Bioetanol: Bagaço, Torta de Filtro, água de Lavagem e Palhagem. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.4, p.144- 166, 2015.
- [7] Cherubini F, Jungmeier G, Wellisch M (2009). Toward a common classification approach for biorefinery systems. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 534:546. Disponível em: https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/upload_mm/6/5/2/e701fab6-4ae0-44e0-8d39-a7bb9b16f26b_T42_Classification%20paper%20BIOFPR.pdf. Acessado em 12 de setembro de 2018.
- [8] Cortez, L. & Magalhães, P. (1992). Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. IN: Revista Brasileira de Energia, Vol.2, n. 2, 1992.
- [9] Cortez, L. A. B., Baldassin Júnior, R., & Almeida, E. de. (2013). Energia da Cana-de-Açúcar. In: Santos, F.; Colodette, J.; Queiroz, J. H. de (Ed.). Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais. Viçosa, MG: Os Editores, 2013.
- [10] Vaz Junior, S., (2013). Estratégias tecnológicas para biorrefinarias da cana-de-açúcar. In: Santos, F.; Colodette, J.; Queiroz, J. H. de (Ed.). Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais. Viçosa, MG: Os Editores, 2013.
- [11] Di Serio LC, Soares APFM (2013). Casos para Ensino: O Cluster de Álcool e Açúcar em São Paulo. TAC (Tecnologias de Administração e Contabilidade) 126:151. Disponível em: http://www.anpad.org.br/periodicos/arq_pdf/a_1443.pdf. Acessado em: 12 de setembro de 2018.
- [12] Marabezi, K. Deslignificação de bagaço de cana-de-açúcar: reações, isolamento e utilização de ligninas. 2014. Tese (Doutorado em Físico-Química) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. doi:10.11606/T.75.2014.tde-02022015-112400. Acesso em: 2019-10-17.
- [13] Marin, F. & Nassif, D.S.P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, Conjuntura e Cenário Futuro in Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.17, n.2, p.232–239, 2013.
- [14] Miranda, M. de S. Sacarificação da celulose utilizando carvões funcionalizados. 2017. 57 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- [15] Milanez AY, Nyko D, Valente MS, Bonomi AMLFJ (2015). De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar: uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. BNDES Setorial. 237:294. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/4283>. Acessado em 08 de setembro de 2018.
- [16] Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Agropecuária Brasileira em Números, 22 de fevereiro de 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/agropecuaria-brasileira-em-numeros>. Acessado em: 15/10/2019.
- [17] Nova Cana. As usinas de Açúcar e Etanol do Brasil. Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil. Acessado em: 15/10/2019.
- [18] Nova Cana. IEA prevê crescimento de 9 bilhões de litros na produção brasileira de etanol, 17 janeiro 2019. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/iea-crescimento-9-bilhoes-litros-producao-brasileira-etanol-170118>. Acessado em: 15/10/2019.

- [19] Oliveira BC (2016). Complexidade Em Biorrefinarias. Dissertação Mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. Disponível em: <www.tpqb.eq.ufrj.br/download/complexidade-em-biorrefinarias.pdf> Acessado em: 12 de setembro de 2018.
- [20] Santos AF, Queiroz HJ, Colodette LJ, Fernandes AS, Guimarães MV, Rezende TS (2012). Potencial da palha de cana de cana-de-açúcar para produção de etanol. Quim. Nova. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol35No5_1004_24-RV11835_cor.pdf>. Acessado em: 13/09/2018.
- [21] Silva SM (2013). Competitividade e coordenação no sistema agroindustrial de cana-de-açúcar no Estado de Goiás. 147 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <<https://ppagro.agro.ufg.br/up/170/o/Competitividade-sistematicana-de-acucar.pdf>>. Acessado em: 12/09/2018.
- [22] União Nacional da Bioenergia (UDOP). A História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos Dias Atuais. Disponível em: <<https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>>. Acessado em: 16/10/2019.
- [23] Unica. União da Indústria de Cana-de-açúcar. Histórico de produção e moagem. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/>. Acessado em 07/09/2018.
- [24] Vieira CFS (2016). Seleção e melhoramento de leveduras capazes de fermentar pentoses através de engenharia evolutiva. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/325504/1/Vieira_CarlaFerreiraDosSantos_M.pdf. Acessado em: 12 de setembro de 2018.

Capítulo 13

Extração de lignina kraft do licor negro e suas perspectivas de aplicação em produtos comerciais

Rafael Eloy de Souza

Fernando José Borges Gomes

Nilton Louvem da Silva Júnior

Edvã Oliveira Brito

Resumo: O mercado de celulose no Brasil tem avançado rapidamente levando o país a ser o segundo maior produtor de celulose no mundo. No processo de polpação kraft é obtido o licor negro e nele está contido a lignina solubilizada, denominada lignina kraft, que é extraída da madeira durante o processo. Com o aumento na produção brasileira de celulose, maior é a quantidade de lignina kraft gerada, sendo ela considerada um subproduto do processo, ao qual, ultimamente tem sido queimada na caldeira para geração de energia na indústria. O fato é que essa lignina apresenta em sua estrutura componentes químicos muito valiosos, podendo ela ser utilizada com um maior valor agregado. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi levantar os métodos de extração e aplicação da lignina proveniente do licor negro kraft. O trabalho foi desenvolvido usando os preceitos de estudo explanatório, por meio de uma pesquisa bibliográfica ao qual é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos considerados como critério a inclusão de bibliografias que abordassem a extração da lignina, aplicações e utilização da lignina kraft, mercado e a indústria de celulose. Existem diversas possibilidades para extração da lignina do licor negro e a extração em meio ácido ainda é o processo mais utilizado em escala industrial. A lignina kraft tem ampla variedade de aplicações potenciais, gerando grande possibilidade de criar produtos de alto valor agregado, surgindo assim, um novo mercado a ser explorado.

Palavras-chave: celulose, mercado, subproduto, indústria.

1 INTRODUÇÃO

O setor de celulose do Brasil tem se tornado cada vez mais consolidado no mercado de commodities, levando o país a ser o segundo maior produtor de celulose no mundo. De acordo com o sumário executivo da Indústria Brasileira de Árvores (IBA), em 2018, o Brasil produziu 21,1 milhões de toneladas de celulose.

A celulose é obtida através do processo de polpação da madeira em que sua maioria é obtida através do processo sulfatado, denominado kraft, e a lignina é considerada um subproduto deste processo. Logo, com o consequente aumento da produção de celulose no país, cresceu-se também a quantidade de lignina gerada (Dias 2014). Essa lignina, chamada de lignina kraft, na maioria das vezes tem sido queimada na caldeira da indústria para geração de energia. Entretanto, com o aumento na quantidade de lignina gerada pelo processo de polpação e o alto custo de investimento para instalação de uma caldeira para a queima dessa lignina, as indústrias tem buscado dar um aproveitamento mais nobre para este material, já que esta apresenta estrutura química com significativo interesse para a indústria (Kouisni et al. 2011).

No atual estado de desenvolvimento, as indústrias de base florestal vêm investindo em seus processos para tornar suas atividades mais sustentáveis. É imprescindível o desenvolvimento de estudos e pesquisas para estimular o uso racional da sua matéria prima e dar um aproveitamento mais nobre para os resíduos gerados em seus processos.

Uma ampla variedade de aplicações dessa lignina tem sido estudada para incorporação desse material no processo de fabricação de materiais, como por exemplo: adesivos para madeira, bioplásticos, fibras de carbono, dispersantes, pellets, briquetes, lignosulfonatos, fenóis, bio-óleos, bioquerosenes, entre outros, dando inúmeras possibilidades de aplicações deste material para fabricação de produtos com maior valor agregado. Entretanto, para fazer o uso dessa lignina é necessário, primeiramente, que ela seja extraída do licor negro, e para isso, diferentes métodos de extração podem ser utilizados.

Baseado nesses preceitos, o objetivo desse trabalho foi fazer um levantamento bibliográfico de informações de extração da lignina kraft do licor negro e suas potenciais aplicações em produtos comerciais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido usando os preceitos de estudo explanatórios, por meio de uma pesquisa bibliográfica, ao qual, segundo Gil (2008) é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos. Para isso, foram utilizadas 16 fontes de pesquisas, divididos entre livros, artigos científicos e monografias publicadas nos últimos 16 anos (2003 a 2018), em idiomas de inglês e português, disponíveis em sites de pesquisa. Para seleção das fontes foram considerados como critério a inclusão de bibliografias que abordassem a extração e aplicações da lignina kraft, mercado e a indústria de celulose. A coleta de dados seguiu a premissa da leitura explanatória de todo material selecionado, seguido de uma leitura seletiva e posterior registro de informações das informações (autor, ano, método, resultado, conclusões). Para a análise e interpretação dos resultados foi feita a sumarização das informações de forma que possibilitassem a obtenção das respostas para a pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de extração da lignina do licor negro é o primeiro passo para a utilização dessa, pois visa recuperar os materiais orgânicos valiosos a partir dos resíduos (Luong et al. 2012). A acidificação tem sido considerada como um processo eficiente e econômico para o isolamento da lignina presente no licor negro. Nesse processo, o gás carbônico é borbulhado no licor aquecido a 60 ou 80°C, reduzindo o pH do licor para 9, formando assim as partículas que podem ser separados por meio de filtração. Nessa fase de 75-85% da lignina é recuperada (Fatehi & Chen 2016).

Posteriormente a parte que foi filtrada é concentrada através do processo de evaporação. Faz-se necessário que o licor esteja aquecido para que facilite o processo de filtragem, já que em temperatura fria, a filtragem se torna menos eficiente devido à formação de colóides no licor. O filtrado, que foi concentrado por evaporação, é acidificado com ácido sulfúrico até um pH final em torno de 2-3, onde mais 10% de lignina é então recuperado (Fatehi & Chen 2016).

A precipitação da lignina no licor é realizada através da retirada dos íons H⁺ dos grupos fenólicos quando o pH do licor é reduzido. Assim, existe um aumento nas forças de atração entre as moléculas fazendo com

que elas se agregam em partículas sólidas. Durante a precipitação, ocorre a formação de um sistema coloidal, que passa por um tratamento de nucleação seguido de cristalização (Öhman 2006).

A lignina precipitada em pH 9 possui peso molecular entre 3000 e 13000 g/mol. Reduzindo o pH do licor negro, a média de peso molecular, tanto de coníferas quanto de folhosas, é diminuído, porém isso também aumenta o teor de enxofre na lignina. Por esta razão, o uso deste tipo de lignina deve ser evitado em aplicações que sejam sensíveis ao enxofre (Fatehi & Chen 2016).

A filtração do licor negro em pH 9 é um desafio, pois um gradiente de força iônico é formado na lignina precipitada durante o processo de lavagem. Para isso, a fim de aprimorar o método de separação, foi estudado o processo de ultrafiltração (Fatehi & Chen 2016).

Os principais benefícios do processo de ultrafiltração são a possibilidade de remoção da lignina do licor sem ajuste de pH ou temperatura, e a possibilidade de controlar a massa molecular da fração de lignina pelo diâmetro do poro da membrana de filtração. O processo foi desenvolvido na Suécia, ao longo de vários anos, e permite obter lignina de alta qualidade a partir do licor negro. A introdução desse processo em fábricas de celulose possibilita a redução da carga de licor negro encaminhada à caldeira de recuperação, possibilitando aumento da capacidade de produção de celulose e redução do consumo de óleo mineral no forno de cal, reduzindo, ainda, a quantidade de gases de efeito estufa (GEE) emitidos (Axegard 2007).

Fatehi & Chen (2016) ainda ressaltam que existem outros métodos, além do de ultrafiltração, que podem ser eficientes na separação da lignina do licor negro kraft, como por exemplo, o processo de eletrólise e utilização de solventes. No entanto, estudos feitos em escala laboratorial têm mostrado que essas metodologias são onerosas em relação ao processo de acidificação, inviabilizando o seu uso em escala industrial.

Após o processo de extração, as ligninas podem conter diversos tipos de impurezas, assim necessitando de purificação antes de ser utilizada. As impurezas encontradas podem ser de diversos tipos, tais quais: açúcar, silicatos, enxofre, cinzas, proteínas, e outros compostos que podem ter origem tanto no material cru como no processo de deslignificação. Caso não seja removida, a impureza pode causar a formação de subprodutos que podem deteriorar as propriedades do produto final. Além disso, o enxofre pode prejudicar os catalisadores no processo de conversão química (El Mansouri & Salvadó 2006).

Foelkel (2009) afirma que existem inúmeras possibilidades para uso da lignina extraída da madeira além da geração de energia. Alonso et al. (2004) afirmam que a lignina possui um grande potencial para muitos usos industriais. O estudo da lignina kraft é de fundamental importância, uma vez que, a maior compreensão de suas propriedades e reações pode resultar no melhor aproveitamento dos subprodutos.

Considerando que dezenas de milhões de toneladas de lignina são anualmente queimadas ou perdidas no efluente de fábricas de polpa celulósica, isto representa uma grande fonte potencial e renovável de energia e subprodutos orgânicos (Alonso et al. 2004).

As ligninas industriais são obtidas diariamente como um subproduto do processo de polpação celulósica. Estima-se que essas operações de polpação são capazes de produzir mais de 70 milhões de toneladas de lignina anualmente. Desse montante, apenas 2% é recuperada para utilização em produtos químicos (Lora 2008).

Luong et al. (2012) afirmam que frente à realidade das indústrias não conseguirem consumir todo o licor negro produzido, muitos estudos sobre a lignina foram e estão sendo realizados para a sua conversão em produtos de alto valor agregado.

A lignina oriunda de processos fabris tem sido estudada para ser utilizada como agentes dispersantes em inseticidas, pesticidas, tintas, agentes aglomerantes ou de flutuação, no tratamento de efluentes, aditivos para tintas e vernizes, aditivo para melhoramento e acondicionamento de solos, agente de liberação lenta de nitrogênio no solo, dentre demais outras aplicações (Luong et al. 2012).

A lignina pode ser utilizada como um redutor de água para misturas de concreto devido este material ser um polímero aniônico ativo capaz de exercer uma repulsão eletrostática. Essa propriedade permite que menos água seja utilizada na mistura de concreto, além dessa redução se traduzir em um concreto de maior resistência e menos permeável (Johnson et al. 2005). A lignina também pode ser utilizada em aplicações para asfaltos e tintas, na fabricação de detergentes e agentes de flutuação para tratamento de águas, e na separação e purificação de metais na mineração. Estas características estão ligadas ao seu comportamento tenso-ativo (Souza 2006).

A lignina tem sido muito pesquisada para ser utilizada na fabricação de adesivos para madeiras devido sua similaridade em estrutura com fenol, sendo este o composto substituinte na sua formulação. Muitos estudos são encontrados na literatura utilizando diferentes tipos de ligninas na formulação de adesivos para madeira como resinas fórmicas, epóxidos, poli-isocianatos, poli-acrilamidas, dentre outros. A literatura demonstra que bons resultados têm sido obtidos e adesivos podem ser feitos usando uma grande variedade de tipos de ligninas (Pizzi & Mittal 2003).

A lignina pode ser utilizada na fabricação de briquetes e pellets, devido a sua capacidade de se termoplastificar e proporcionar a formação de um material mais adensado. Essa densificação para fabricação de briquetes consiste em compactar a biomassa lignocelulósica a determinadas temperaturas e pressão. O fato de a lignina ser um polímero termoplástico, quando submetida a uma temperatura a partir de 170°C possibilita o escoamento e atuação como ligante das partículas da biomassa durante a fabricação do briquete (Gouvea 2012).

A indústria alimentícia também pode ser um grande usuário da lignina, podendo esta ser utilizada como aglutinante para alimento de animais. Como alguns processos de caracterização e separação utilizam enxofre em seus reagentes, não é possível utilizar este produto para alimentos sem que antes haja um processo de purificação. Outros tratamentos podem ser caros ou inviáveis em nível industrial, logo investir em tecnologia para melhorar o custo de purificação da lignina pode ser de grande ajuda (Obernberger & Thek 2004).

Devido ao seu alto teor de carbono, a lignina pode ser utilizada como um precursor para a produção de fibra de carbono. Devido as suas características de leveza, flexibilidade, resistência a fadiga e ao calor, alta resistência mecânica, entre outras características, a fibra de carbono é um material com alta demanda no mercado e com diversas possibilidades de aplicação (Chatterjee & Saito, 2015).

Além das ligninas industriais atualmente disponíveis, novas ligninas serão potencialmente disponibilizadas num futuro próximo a partir das operações de biorrefinaria para a produção de etanol a partir da biomassa lignocelulósica (Lora 2008). A lignina é provavelmente um dos melhores exemplos que mostra como um resíduo industrial pode ser empregado como um produto comercial.

4 CONCLUSÕES

Existem diferentes opções de extração da lignina do licor negro oriundo do processo de polpação kraft da indústria celulósica. A extração em meio ácido ainda tem sido o processo mais utilizado em escala industrial, porém diferentes opções têm sido testadas em escala laboratorial.

O custo de processamento da lignina ainda é muito alto, por isso é necessário encontrar outras aplicações ou estudar novos tratamentos da lignina, de modo que o custo de produção seja baixo o suficiente para competir com diversos produtos que hoje são importantes.

A lignina kraft tem ampla variedade de aplicações potenciais, inclusive algumas com alto valor agregado gerando possibilidade de criar produtos de alto valor agregado, surgindo assim, um novo mercado a ser explorado.

REFERÊNCIAS

- [1] ALONSO, M. V. et al. Determination of curing kinetic parameters of lignin-phenol-formaldehyde resol resins by several dynamic differential scanning calorimetry methods. *Thermochimica Acta*, v. 419, n. 1-2, p. 161-167, 2004.
- [2] Axegard P (2007) Lignin from black liquor: a valuable fuel and chemical feedstock. In: *Biorefinery for the pulp and paper industry*. Stockholm, Sweden, 10-11, December pp 34.
- [3] CHATTERJEE, Sabornie; SAITO, Tomonori. Lignin-derived advanced carbon materials. *ChemSusChem*, v. 8, n. 23, p. 3941-3958, 2015.
- [4] DIAS, L. M. S. Síntese e caracterização de adesivos de lignina Kraft de eucalipto. Dissertação (Mestrado), UFLA, Lavras, 2014.
- [5] EL MANSOURI, Nour-Eddine; SALVADÓ, Joan. Structural characterization of technical lignins for the production of adhesives: Application to lignosulfonate, kraft, soda-anthraquinone, organosolv and ethanol process lignins. *Industrial Crops and Products*, v. 24, n. 1, p. 8-16, 2006.
- [6] FATEHI, Pedram; CHEN, Jiachuan. Extraction of technical lignins from pulping spent liquors, challenges and opportunities. In: *Production of biofuels and chemicals from lignin*. Springer, Singapore, 2016. p. 35-54.

- [7] FOELKEL, Celso. Individualização das fibras da madeira do eucalipto para a produção de celulose kraft. *Eucalyptus Online Book & Newsletter*, v. 2, p. 107, 2009.
- [8] GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnica de pesquisa social. 6. Ed. São Paulo: 2008. p. 46-47, p. 164
- [9] GOUVÊA, AFG. Produção de briquete a partir da adição da lignina kraft com resíduo da indústria moveleira. 2013. 110 f. 2013. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG..
- [10] IBÁ-Indústria Brasileira de Árvores. Sumário executivo 2019. São Paulo: IBÁ, 2019. Disponível: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-sumarioexecutivo2019.pdf>. Acesso em: 13 outubro 2019.
- [11] JOHNSON, D. K. et al. Use of lignin in the biorefinery. In: *Proceedings of the International Lignin Institute 7th Forum*. 2005. p. 31-34.
- [12] KOUISNI, Lamfeddal et al. Kraft lignin recovery and its use in the preparation of lignin-based phenol formaldehyde resins for plywood. *Cellulose Chemistry and Technology*, v. 45, n. 7, p. 515, 2011.
- [13] LORA, Jairo. Industrial commercial lignins: sources, properties and applications. In: *Monomers, polymers and composites from renewable resources*. Elsevier, 2008. p. 225-241.
- [14] LUONG, Nguyen Dang et al. An eco-friendly and efficient route of lignin extraction from black liquor and a lignin-based copolyester synthesis. *Polymer bulletin*, v. 68, n. 3, p. 879-890, 2012.
- [15] OBERNBERGER, Ingwald; THEK, Gerold. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behaviour. *Biomass and bioenergy*, v. 27, n. 6, p. 653-669, 2004.
- [16] ÖHMAN, F. U. Precipitation and separation of lignin from kraft black liquor. Chalmers Technical University, Gothenburg, Sweden, 2006 (PhD-thesis).
- [17] PIZZI, A.; MITTAL, K. L. *Handbook of adhesive technology*. New York: M. 2003.
- [18] SOUZA, C. S. Derivação química e caracterização de uma lignina de bagaço de cana de açúcar. 2006. 79 p. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

Capítulo 14

Polpa celulósica solúvel e o destaque Brasileiro no Mercado Internacional

Nilton Louvem da Silva Júnior

Fernando José Borges Gomes

Rafael Eloy Souza

Leonardo Amador Cruz

Junilha Lopes Trigueiro

Resumo: A celulose é um dos produtos madeireiros que mais tem crescido no mercado internacional. O Brasil tem se destacado consideravelmente em pesquisas de polpa solúvel oriunda de eucalipto. No mercado internacional, a polpa tem se destacado, principalmente devido ao desenvolvimento da indústria de viscose na China. Este trabalho busca apurar o desenvolvimento do setor de celulose brasileiro e crescimento do mercado internacional, fazendo levantamento de dados de produção, mercado consumidor e processo de produção. A metodologia usada é pesquisa bibliográfica, através de periódicos e estudos do processamento da polpa solúvel, dados de produção e comercialização da celulose e a posição brasileira no ranking mundial. Constata-se assim, que o país é uma grande força no setor de celulose e tem se destacado em toda a cadeia produtiva, apresentando ainda potencial de crescimento para suprir a demanda internacional que tem perspectivas de crescimento expressivo, principalmente na Europa e na Ásia, além de ser destaque no tratamento da celulose e aumento da sua pureza.

Palavras-chave: Celulose, Hemicelulose, eucalipto.

1. INTRODUÇÃO

A celulose é um dos biopolímeros mais abundantes no planeta, sendo o constituinte principal de todas as árvores. A partir da celulose são produzidos derivados para diversas indústrias, tais como têxtil, alimentícia, farmacêutica, petrolífera e energética. Bem como outros produtos oriundos dos extraíveis da madeira ao longo do processo de produção da polpa celulósica.

As principais fontes de celulose são o algodão e a madeira, tais como eucalipto e pinus. A celulose de madeira forma matéria associada com lignina e outros polissacarídeos. A partir da celulose, pode-se extrair a polpa solúvel, que é um material de alto valor agregado. Para se produzir a polpa solúvel usa-se processos mecânicos e químicos de produção que reduzem a quantidade de hemicelulose, tornando a polpa a mais pura possível e de maior qualidade. E dentro do processo de produção, outros produtos podem ser extraídos, tais como etanol, butanol, biogás e lignina, criando novas oportunidades a partir da polpa solúvel e acompanhando um movimento mundial que pode ser visto em países como Canadá, Suécia e Austria.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de polpa celulósica, tendo grande destaque na produção de polpa branqueada de eucalipto. A área total de árvores plantadas teve um crescimento de 0,5% em relação a 2015, totalizando 7,84 milhões de hectares em 2017, e isso graças exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto (5,7 milhões de hectares). O Brasil liderou o ranking mundial de produtividade florestal, com média de 35,7 m³/ha ao ano para plantios de eucalipto. No setor de celulose, a produção brasileira teve, em 2017, um rendimento de 19,5 milhões de toneladas, considerando fibras curta, longa e pasta de alto rendimento (IBA, 2018). E seus principais compradores são Europa e Ásia, com crescimento acentuado nos últimos anos devido a problemas na safra do algodão e aumento do mercado de vestuário na China.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir de levantamentos bibliográficos entre livros, publicações, periódicos e dissertações, a fim de apurar e comparar informações sobre a produção e comercialização da polpa celulósica solúvel, bem como expressar o comportamento e expectativa do mercado sobre o desenvolvimento a cerca dessa commodity. A produção atual, avanços tecnológicos, posição do Brasil frente ao mundo, processo produtivo e matéria prima usada foram os aspectos que foram levados em consideração na pesquisa.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 EVOLUÇÃO DA CELULOSE

O papel, por séculos, foi feito de fibras de linho ou algodão, após processos de lavagem. Na metade do século XIX, com o aumento da demanda por papel, a indústria têxtil não conseguiu satisfazer o mercado e ficou evidente a necessidade de uma fonte mais abundante de matéria prima, o que culminou na busca de fontes alternativas para produção de polpa. A consequência foi o desenvolvimento de processos mecânicos e químicos de produção de papel a partir de madeira. A produção mecânica teve início na década de 1840, na Alemanha, mas só começou a se desenvolver com maior significância, na década de 1870, com a modificação do processo para suavização da lignina. (Sixta, 2006)

As deficiências de alvura, comparado aos papeis oriundos de algodão, levaram ao desenvolvimento de processos químicos, focados na remoção de componentes acessórios da madeira, tais com lignina e extrativos. O primeiro processo químico foi desenvolvido em 1851, na Inglaterra, através do uso de soda. A alta quantidade de soda consumida no processo levou os produtores de papel a modificarem sua composição utilizando sulfeto de sódio juntamente com a soda caustica, produzindo um licor de cozimento que gerou polpas tão fortes quanto com a soda pura e ganhando por isso o nome de *kraft*, palavra suíça para forte. (Sixta, 2006)

Até o final do século XIX, a produção de polpa celulósica era destinada exclusivamente para a indústria de papel. Nessa época surgiu o primeiro projeto de produção de produtos de celulose usando processos químicos de conversão, desenvolvendo-se assim o diacetato de celulose, no início do século XX, e por consequência o desenvolvimento do segundo maior consumidor de polpa solúvel até aquele momento. (Sixta, 2006)

A polpa solúvel se refere a uma polpa com alta concentração de celulose e era produzida, até a Segunda Guerra Mundial, somente de fibras de algodão, através de processos com ácido sulfito em alta temperatura que removia a maior parte da hemicelulose. Durante a guerra, foi desenvolvido o processo de Pré-hidrolise Kraft, que tinha mais efetividade na extração da hemicelulose e podia ser aplicado na maioria das espécies de madeira, enquanto o anterior era restrito a poucas espécies. (Sixta, 2006)

No século XXI, os processos de produção de celulose avançaram significativamente com progressos de maior capital e automatização para atender largas escalas. O setor de papel e celulose se tornou um importante setor da economia e mais de 90% da polpa produzida no mundo é de origem madeireira. A polpa de eucalipto foi introduzida no mercado na década de 1960, tendo Brasil, Espanha, Portugal, Chile e África do Sul como principais produtores. O eucalipto brasileiro apresenta um ciclo de crescimento de até sete anos, sendo o mais curto comparados ao resto do planeta e demonstra um alto índice de produtividade. Um ciclo de crescimento curto significa baixos investimentos e custos operacionais e maior racionalização dos recursos naturais e disponibilidade de espaços para outros usos da terra. O maior estoque de *hardwood* (eucalipto) está na América do Sul, enquanto o de *softwood* (pinus) está distribuído na Rússia, Canadá e sul dos Estados Unidos da América, dando uma expectativa de domínio da América do Sul e Rússia na produção de celulose. (Sixta, 2006)

3.2 POLPA CELULÓSICA SOLÚVEL

A celulose é um dos biopolímeros mais abundantes no planeta, sendo o constituinte principal de todas as árvores, matéria prima renovável e representando cerca de 1,5 trilhões de toneladas da produção mundial total de biomassa por ano. A partir da celulose são produzidos derivados para diversas indústrias, tais como têxtil, alimentícia, farmacêutica, petrolífera e energética, onde são produzidos fibras de viscose, carga em medicamentos, espessantes para sucos, bioetanol de segunda geração, éteres, ésteres e tintas (Melo, 2007). Como dito acima, fibras de algodão e madeira são os materiais tradicionais para produção de polpa solúvel, sendo cerca de 85% feita de *softwood* ou *hardwood*, enquanto cerca de 10% é oriundo do algodão (Chen, 2016).

A polpa solúvel é um material de alto valor agregado, com alto teor de alfa-celulose e baixos teores de hemicelulose, lignina, extrativos e inorgânicos (Resende, 2014). Essa polpa especial é quimicamente tratada e atinge níveis de até 98% de celulose e até 8% de hemicelulose, dependendo do processo que se usa. A polpa tem muitas aplicações, tais como papel, xantatas (viscose e papel celofane), ésteres (nitratos e acetatos) e éteres (metil celulose e caboximetilcelulose). (Sixta, 2006).

Ainda segundo Sixta (2006), a polpa solúvel é um dos principais representantes do segmento químico de celulose. Nesse processo, são usados dois métodos: o processo de cozimento sulfito e a pré-hidrolise kraft. O processo de cozimento sulfito produz celulose com até 92% de alfa-celulose, enquanto a pré-hidrolise kraft produz com até 96% de celulose pura. No final de 2014, a pré-hidrolise kraft correspondeu a 56% da produção de polpa solúvel, e o restante ficou por conta do cozimento sulfito (Chen, 2016).

A polpa solúvel é usada na produção de derivados de celulose através de derivatizações específicas de cada interesse. A produção de muitos desses derivados exige algumas características da polpa solúvel, tais como elevado teor de alfa-celulose, baixo teor de hemicelulose, lignina e minerais e alta alvura. O uso da polpa kraft como material de partida tem sido desenvolvido, mas sem aplicações comerciais por enquanto. A hemicelulose precisa ser extraída da polpa solúvel, pois ela influencia significativamente parâmetros como viscosidade, filtrabilidade, estabilidade térmica, cor e turbidez dos derivados, prejudicando a qualidade dos produtos. (Resende, 2014)

3.3 MERCADO DE CELULOSE

O Brasil é, segundo IBA (2017), o segundo maior produtor mundial de polpa celulósica, tendo grande destaque na produção de polpa branqueada de eucalipto. A área total de árvores plantadas teve um crescimento de 0,5% em relação a 2015, totalizando 7,84 milhões de hectares em 2017, e isso graças exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto (5,7 milhões de hectares). O Brasil liderou o ranking mundial de produtividade florestal, com média de 35,7 m³/ha ao ano para plantios de eucalipto. No setor de celulose, a produção brasileira teve, em 2017, um rendimento de 19,5 milhões de toneladas, considerando fibras curta, longa e pasta de alto rendimento (IBA, 2018). Em relação a plantios, os eucaliptos ocupam 5,7 milhões de hectares de árvores plantadas (72% do total) e o plantio de pinus ocupa 1,6 milhão de hectares. Na década 2006-2016, a produção nacional de celulose aumentou em 7,6

toneladas, representando 5,3% de aumento. Em 2016, a balança comercial brasileira do setor de árvores plantadas teve uma retração, causado pela redução dos preços de exportação dos produtos, mas apresentou um recorde de US\$ 7,8 bilhões de dólares, 3,2% a mais que em 2015. E quanto aos destinos, mais da metade do que foi exportado teve a Europa e a Ásia como destinatário. Em relação a investimentos, R\$ 12,4 bilhões foram investidos no setor madeireiro, sendo R\$ 7,7 bilhões na indústria e R\$ 4,7 bilhões na produção florestal (IBA, 2017).

A polpa solúvel tem experimentado um renascimento de produção e demanda, descrevendo uma corrida do ouro (Patrick, 2011). O crescimento atual da produção mundial de polpa solúvel é principalmente atribuído as novas instalações de plantas de fibra de viscose na Ásia e do crescimento contínuo dos mercados de éteres e acetatos (Sixta, 2006). No século XXI, o mercado global de polpa solúvel tem crescido rapidamente, de 3,2 milhões de toneladas em 2000 para 6,06 milhões de toneladas em 2014, atingindo resultados esperados para 2025 (Figura 1), devido ao crescimento contínuo da produção de celulose regenerada, particularmente na China, que correspondeu em 2012 a 62% da produção mundial de viscose, a problemas de colheita do algodão e ao aumento no preços de matéria prima dos setores têxteis, saúde e higiene em expansão no mundo todo. Os preços da polpa solúvel têm aumentado ao longo das décadas também, indo de patamares de US\$300-500/tonelada (1970), passando por US\$1.800-1.900/tonelada (1990) e chegando a US\$2.500 (2010) (Chen, 2016; Patrick, 2012).

Figura 1: Crescimento histórico e esperado para demanda mundial para polpa solúvel

Fonte: Germgard, 2012

A demanda por polpa solúvel teve um aumento expressivo na primeira década dos anos 2000, com destaque para 2010, sendo o processo viscose-rayon o maior usuário de polpa solúvel. Em 1975, a produção de polpa solúvel alcançou 6,3 milhões de toneladas/ano, sofrendo uma queda significativa no início dos anos 2000, atingindo 3,2 milhões de toneladas/ano e voltando a se recuperar, com resultado de 4,5 milhões de toneladas/ano em 2010. Esse aumento na primeira década dos anos 2000 foi liderada pelo mercado de fibras de viscose e o crescimento da indústria de vestuário de rayon na China (Patrick, 2012).

3.4 OUTROS PRODUTOS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA POLPA SOLÚVEL

A polpa solúvel é uma polpa química composta por altos valores de celulose pura, com mais de 80% oriundas de madeira. Seus principais usos são fibras regeneradas ou filmes (viscose, lyocell), éter de celulose (carboximetilcelulose, etilcelulose, propilcelulose) e ester de celulose (acetato, nitrato). (Paleologou, 2012)

A produção de polpa solúvel objetiva a redução dos níveis de lignina, despolimerização da hemicelulose e da celulose e redução de outros contaminantes, para obtenção de uma polpa de alta qualidade e características como viscosidade em valores ideais. O setor de Celulose tem aprimorado seus processos sulfito e kraft ao longo dos anos, melhorando sua eficiência energética e diversificando seus produtos, e o que antes não era visto como rentável, hoje tem ganhado destaque como subproduto do processo e aquecido novos mercados, como etanol, lignosulfonatos, butanol e lignina, que compõem produtos de biorrefinaria, como pode ser visto nas figuras 2 e 3.

Figura 2: Biorrefinaria de Processo Sulfito - (a) Fabricação de Polpa Solúvel; (b) Conversão em Biorrefinaria

Fonte: Paleologou, 2012

Os produtos de biorrefinaria do processo sulfito incluem ácido furfural e acético, lignosulfonados, xilose e xilitol, dióxido de carbono e biorresina, já explorados em países como Austrália, Canadá, Suécia e Noruega.

Figura 3: Biorrefinaria de Processo Kraft - (a) Fabricação de Polpa Solúvel; (b) Conversão em Biorrefinaria

Fonte: Paleologou, 2012

A lignina tem ganhado bastante destaque no setor de celulose, com plantas industriais dedicadas a seus produtos sendo construídas em vários países, como Suécia e Brasil, e novas aplicações sendo estudadas e produzidas. (Government Europa, 2018; Klabin, 2019).

4. CONCLUSÃO

O mercado de celulose está pungente no mundo todo e o Brasil tem se destacado na sua produção, tendo grande parte dela sido exportada. A produção de celulose a partir de eucalipto tem sido o ponto forte brasileiro. A produtividade do plantio nacional é uma das melhores do mundo, com um ciclo de crescimento curto e redução dos custos e melhoria no uso da terra.

Concomitantemente ao crescimento do mercado e produção de eucalipto, o Brasil tem se destacado também em pesquisas sobre produção de polpa solúvel de eucalipto, avançando ultimamente na produção de polpa de alto rendimento a partir de polpa de eucalipto, num processo químico de extração máxima da hemicelulose e alcance de alto teor de alfa-celulose (que pode chegar a 98%), sendo uma matéria prima altamente demandada por indústrias mundiais, tendo a Europa e a Ásia mais da metade da participação mundial nessa demanda. Um desdobramento do mercado de celulose solúvel tem sido a exploração de subprodutos de componentes extraído da madeira, em que o Brasil também tem se inserido, acompanhando um movimento mundial, e já tem plantas industriais focadas em exploração da lignina, por exemplo, como derivado do licor negro que antes era usado para gerar energia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Fernando Gomes pela oportunidade de pesquisa e a CNPq pelo incentivo financeiro para elaboração dos estudos e a Mestrando Rafael Eloy pelo suporte na produção dessa pesquisa, de maneira que eu consiga cooperar para o desenvolvimento tecnológico do país.

REFERÊNCIAS

- [1] Chen, C. et al (2016) Cellulose (Dissolving Pulp) Manufacturing Processes and Properties: A Mini-Review. *BioResources* 11(2): 5553-5564
- [2] Germgard, Ulf. *Dissolving Pulps: purpose, process alternatives and activation of such pulps*. Suécia: Karlstad University, 2012
- [3] IBA – Industria Brasileira de Árvores (2017). Relatório 2017. Disponível: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf . Acessado em 08 de setembro de 2018
- [4] IBA – Industria Brasileira de Árvores (2018). Sumário Executivo 2018. Disponível: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/Digital_SumarioExecutivo_2018.pdf . Acessado em 09 de setembro de 2018
- [5] Melo, J. (2007). Síntese e caracterização de derivados da celulose modificada com anidridos orgânicos – adsorção e termodinâmica de interação com cátions metálicos. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. Disponível: <http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtls000411566.pdf> . Acessado em 08 de setembro de 2018
- [6] Paleologou, Michael. *Dissolving Pulps: technical challenges and opportunities*. Montreal: FPInnovations, 2012
- [7] Patrick, Ken. *Dissolving Pulp Gold Rush in High Gear*. Paper 360°. Set/Out 2011
- [8] Resende, J. (2014). Utilização do estágio de extração alcalina a frio (CCE) para conversão de polpa papel em solúvel, com reaproveitamento do filtrado CCE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Disponível: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7646> . Acessado em 22 de agosto de 2018
- [9] Sixta, H. *Handbook of Pulp*. Wiley-VCH. Verlag GmbH and Co. KGaA, Weinheim

Capítulo 15

A sustentabilidade à luz dos Conceitos de Agroecologia e Ecofeminismo: Uma abordagem teórica

Monick Ellen Alves de Melo

Lucia Helena da Silva Maciel Xavier

Resumo: Entender os desafios da sustentabilidade na sociedade moderna tem sido um desafio abraçado por diferentes autores. No entanto, a leitura da sustentabilidade sob a ótica do feminismo ou dos preceitos agroecológicos possui abordagens diferenciadas e desconectadas. Pensando em um eixo motivador para a busca da prática da sustentabilidade a partir de conceitos inerentes ao universo feminino e, da mesma forma, às necessidades da sustentabilidade que são atendidas pelas experiências agroecológicas. Assim, o presente trabalho traz o tema da sustentabilidade entrelaçando a agroecologia e o ecofeminismo segundo uma abordagem teórica, mostrando como tais temas podem abarcar perspectivas ambientais e agrárias assim como de produção de conhecimento e empoderamento.

Palavras-chave: Ecofeminismo, agroecologia, sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A abordagem das complexas relações entre a sustentabilidade, preceitos da agroecologia e do ecofeminismo, apesar de terem um eixo norteador comum, ainda são pouco explorados pelos teóricos. As diferentes dimensões da sustentabilidade parecem não contemplar as diferentes relações.

O trabalho se propõe a refletir sobre a sustentabilidade a partir da perspectiva contra a dominação da natureza e por consequente de gênero. Conceituar sustentabilidade sem discussões de gênero e de manuseio e posse da terra é deixar lacunas em questões ambientalistas.

As perspectivas ecofeministas abrangem diferentes áreas de sustentar-se de desenvolver autonomias e reconhecimento de trabalhos produtivos e reprodutivos realizados pelas mulheres. O cuidado com a segurança alimentar de suas famílias acaba por resultar em um olhar mais sensível a questões ambientais, como a proposta da agroecologia, demonstrando o produto de desigualdade da sociedade onde a possa e o patriarcalismo estão juntos.

Segundo Maronhas, Schottz e Cardoso (2014) é dessa forma que surge um novo paradigma para a sustentabilidade.

“Esse campo, a partir de seus princípios e de suas experiências, concretas, aponta a necessidade de construção de relações mais igualitárias e equitativas com o outro, seja este outro ambiente ou outro ser humano.”

Tomar decisões sobre sua própria vida, tomar parte em decisões que implicam na vida de todos é uma questão de poder. O conhecimento e reconhecimento dos cuidados, também coma terra traz empoderamento e autonomia. Mulheres quando tem acesso a porte de terra ampliam a negociação e aceitação dentro da família e da sociedade.

2. METODOLOGIA

O presente estudo tem um viés, predominantemente, teórico e exploratório que busca apresentar uma análise do conceito da sustentabilidade a partir dos conceitos de agroecologia e ecofeminismo.

A percepção do conceito difundido de sustentabilidade incorpora diferentes dimensões que abrigam relações complexas. A partir desta premissa, foram avaliados os conceitos de agroecologia e ecofeminismo segundo a interpretação de diferentes autores. Utilizou-se, portanto, a análise bibliográfica como método principal.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DO ECOFEMINISMO

O conceito de desenvolvimento sustentável abriga uma gama de interpretações que, ao mesmo tempo, apresentam o desconforto da convivência entre as premissas econômicas do desenvolvimento e a busca pela estabilidade, pelo equilíbrio que o termo ‘sustentável’ compreende. Em outras palavras, sustentar o desenvolvimento torna-se algo incompreensível sob a ótica ecológica. Por outro lado, a interpretação da ecologia sob a ótica do feminismo também parece enfrentar um certo antagonismo na medida em que se questiona o papel da mulher na sociedade e aos rótulos a elas atribuídos.

Pensar a relação do ambiente com o elemento antropológico já caracteriza-se como um desafio instigante. Pensar a relação da mulher com o ambiente e os seus efeitos na sociedade, na economia e na cultura, faz emergir toda uma gama de saberes que ainda é pouco explorada na literatura científica. Pensar o ecofeminismo transcende, portanto, os conceitos clássicos de sustentabilidade.

De acordo com Rodrigues (2000), ainda no início da década de 90, instante da realização da Eco 92 no Brasil, emergia a proposta do ecofeminismo, sendo, naquele primeiro momento, rechaçada ainda que entre os grupos feministas. Faltava naquele momento o embasamento do entendimento da proposta de valorização do papel da mulher em relação aos cuidados com os recursos (solo, água, sementes, etc). Este entendimento se ampliou ao longo do tempo, possibilitando uma melhor compreensão do conceito e suas vertentes.

Nas culturas tradicionais, em todo o mundo e desde os períodos mais remotos da história, enquanto cabia ao homem a exploração e defesa do espaço de convívio, cabia às mulheres o sustento que provinha do

cultivo da terra, do gerenciamento dos recursos hídricos e do cuidado com a prole. A complementação das tarefas entre os gêneros veio a garantir a perpetuação das espécies a partir de um equilíbrio natural entre as relações de exploração tanto no contexto da caça quanto da coleta. No entanto, é a partir das atividades prioritariamente 'femininas' que se dá a manutenção dos recursos. Desde o cultivo vegetal, por meio da separação e plantio de sementes, por exemplo, até a preparação e conservação de alimentos ao longo do tempo como garantia de subsistência.

Neste tocante, percebe-se a importância da relação entre a sustentabilidade e a mulher em dimensões para além da dimensão ambiental ou ecológica.

Em recente estudo, Maronhas et al., (2019) avaliam as experiências agroecológicas exercidas por mulheres e constata a importância entre a sustentabilidade e o universo feminino no empoderamento e fortalecimentos dos indivíduos e na construção social. Da mesma forma, Lopes Neto (2019), destaca o rompimento da economia clássica capitalista na medida em que espaços residenciais são cultivados por mulheres camponesas para sustento familiar.

3.2 AS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE NA AGROECOLOGIA

De acordo com Francis et al. (2003), a agroecologia pode ser entendida como o estudo da ecologia no âmbito de sistemas alimentares sustentáveis. Dalgaard et al. (2003), acrescenta o conceito de agroecologia como uma disciplina integrativa que agrega elementos de agronomia, ecologia, sociologia e economia. Esta faceta multidisciplinar da agroecologia tem o viés aglutinador como premissa e ainda endossa a definição de sustentabilidade em suas diferentes dimensões.

Ignacy Sachs (1993), em sua importante contribuição sobre as estratégias de transição no contexto da sustentabilidade, propõe as cinco dimensões da sustentabilidade, conforme detalhado a seguir:

1. Social, que se entende como a criação de um processo de desenvolvimento que seja sustentado por um outro crescimento e subsidiado por uma outra visão do que seja uma sociedade boa. A meta é construir uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e de bens, de modo a reduzir o abismo entre os padrões de vida dos ricos e dos pobres.

2. Econômica, que deve ser tornada possível através da alocação e do gerenciamento mais eficiente dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados. Uma condição importante é a de ultrapassar as configurações externas negativas resultantes do ônus do serviço da dívida e da saída líquida de recursos financeiros do sul, dos termos de troca desfavoráveis, das barreiras protecionistas ainda existentes no Norte e do acesso limitado à ciência e tecnologia. A eficiência econômica deve ser avaliada em termos macrossociais, e não apenas através do critério da rentabilidade empresarial de caráter microeconômico.

3. Ecológica, que pode ser melhorada utilizando-se das seguintes ferramentas:

Ampliar a capacidade de carga da esçonave Terra, através da criatividade, isto é, intensificando o uso do potencial de recursos dos diversos ecossistemas, com um mínimo de danos aos sistemas de sustentação da vida;

Limitar o consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos e produtos que são facilmente esgotáveis ou danosos ao meio ambiente, substituindo-os por recursos ou produtos renováveis e/ou abundantes, usados de forma não agressiva ao meio ambiente;

Reduzir o volume de resíduos e de poluição, através da conservação de energia e de recursos e da reciclagem;

Promover a autolimitação no consumo de materiais por parte dos países ricos e dos indivíduos em todo o planeta;

Intensifica a pesquisa para a obtenção de tecnologias de baixo teor de resíduos e eficientes no uso de recursos para o desenvolvimento urbano, rural e industrial;

Definir normas para uma adequada proteção ambiental, desenhando a máquina institucional e selecionando o composto de instrumentos econômicos, legais e administrativos necessários para o seu cumprimento.

4. Espacial, que de ser dirigida para a obtenção de uma configuração rural-urbana mais equilibrada e uma melhor distribuição territorial de assentamentos urbanos e atividades econômicas, com ênfase no que segue:

Reduzir a concentração excessiva nas áreas metropolitanas;

Frear a destruição de ecossistemas frágeis, mas de importância vital, através de processos de colonização sem controle;

Promover a agricultura e a exploração agrícola das florestas através de técnicas modernas, regenerativas, por pequenos agricultores, notadamente através do uso de pacotes tecnológicos adequados, do crédito e do acesso a mercados;

Explorar o potencial da industrialização descentralizada, acoplada à nova geração de tecnologias, com referência especial às indústrias de biomassa e do seu papel na criação de oportunidades de emprego não-agrícolas nas áreas rurais: nas palavras de M. S. Swaminatha “uma nova forma de civilização baseada no uso sustentável de recursos não é apenas possível, mas essencial” (McNeely et al. 1990: 10);

Criar uma rede de reservas naturais e de biosfera, para proteger a biodiversidade.

5. Cultural, incluindo a procura de raízes endógenas de processos de modernização e de sistemas agrícolas integrados, processos que busquem mudanças dentro da continuidade cultural e que traduzam o conceito normativo de ecodesenvolvimento em um conjunto de soluções específicas para o local, o ecossistema, a cultura e a área.

Tais dimensões refletem o conjunto mínimo e, ainda assim, bastante complexo, a partir do qual a sustentabilidade se ancora. Pensar a sustentabilidade sem considerar a dimensão cultural, por exemplo, compromete o entendimento de sua aplicação diferenciada em diferentes nações. Os valores culturais têm pesos e interpretações variadas em diferentes grupos. Da mesma forma, possui diferentes valores entre os gêneros e, por isso, reforça a importância de uma interpretação ampla, integrada e transversal do conceito de sustentabilidade e suas aplicações.

Por outro lado, pensar a agroecologia nos induz a excluir os preceitos de uma agroindústria que herdou como premissas o conjunto dos latifúndios, monoculturas e produção em escala. A agroecologia, por sua vez, remete à estratégia rica culturalmente e personalizada no tocante aos modos de produção que respeitam os limites dos recursos (terra, água e ar), como requisitos para a manutenção da qualidade e, principalmente, da continuidade ao longo do tempo.

3.3 O ECOFEMINISMO EMERGE

O termo foi utilizado pela primeira vez pela escritora francesa Françoise d'Eaubonne em 1974 e denominou um movimento feminista que surge para lutar contra dominação das mulheres e da natureza em aspectos ambientalista, espirituais, simbólicos, históricos e políticos. Sendo discutido por várias ativistas ao redor do mundo, como Vandana Shiva e Carol J. Adams. Grande parte de diálogos e produções do ecofeminismo falam sobre vivências de mulheres indígenas, rurais e até especificidades Latinas. O ecofeminismo aponta questões de gênero e ambientalistas, muitas vezes atreladas a economia feminista.

No Brasil apesar do termo ser timidamente utilizado e não possuir discurso oficial, programas efetivos de governo e ONG dedicados a tal, ocorrem programas assistenciais. Os principais diálogos se dão primeiro em associações e grupos comunitários, contando com narrativas indígenas e de ocupações sem terra. Por consequência também acaba ascendendo uma onda conservadora em oposição no Brasil, pois país se encontra como um dos protagonistas no crescimento do movimento feminista na América Latina.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sustentabilidade está no cerne das discussões que abarcam a agroecologia e o ecofeminismo, existe uma perspectiva de gênero a partir de discussões ambientais que são extremamente relevantes, inclusive para os movimentos sociais.

Discussões como o sistema de trabalho, duplas jornadas, problemáticas sobre o impacto dos agrotóxicos no meio ambiente e a saúde das mulheres, educação ambiental, produção alternativa de alimentos e geração de renda para mulheres são assuntos presentes e pertinentes nas conversas dessas mulheres e trazem perspectivas e soluções sobre questões ambientais em nossa sociedade.

É importante também colocar que tais discussões e medidas tomadas a partir de tais temas dirige-se a mulheres pobres, trabalhadoras rurais e movimentos populares, trazendo assim capacitações, pesquisas e produção de conhecimento e de materiais que levam a conscientização sobre questões ambientais e sociais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mulheres acabam dispondo de menos tempo para investir em sua educação, lazer e participação social. O reconhecimento de trabalhos produtivos e reprodutivos frente a agroecologia fortalece a identidade e empoderamento de mulheres que por vezes são reconhecidas apenas como ajudantes.

O ecofeminismo traz o olhar para questões de gêneros dentro do âmbito ambiental. Por vezes vemos narrativas sobre desigualdade de direitos a partir do gênero dentro e fora do trabalho, mas que exclui narrativas rurais e suburbanas onde a mulher está atrelada a propriedade e cuidados da terra. A agroecologia traz novas formas de cuidado longe da agroindústria e formas orgânicas de cuidado com a terra. Por consequência de seu contato mais próximo, a mulher acaba por emponderar-se ao entrar em contato com políticas e determinações de posse patriarcais de nosso sistema.

Vale constatar também que a perspectiva ecofeminista dialoga com a posição e condição social das mulheres, abrangendo áreas como raça, gênero, sexualidade, encontrando questões que se encontram no curso da agroecologia.

REFERÊNCIAS

- [1] Dalgaard, T., Hutchings, N.J., Porter, J.R., 2003. Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol. 100, 1, Pp. 39-51.
- [2] Francis, C., Leblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Salomonsson, L., Hardwood, R., Helenius, J., Rickert, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., Poincelot, R., 2003. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. *Journal of sustainable agriculture*, Vol. 22, 3, Pp. 99-118.
- [3] Lopes Neto, Antônio Augusto et al. Caderneta Agroecológica e Feminismo: o que os quintais produtivos da Zona da Mata têm a nos dizer. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 10, n. 3, may 2016. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/19857>>. Acesso em: 01 feb. 2019.
- [4] MARONHAS, Maitê Edite Sousa et al. 12305 - Intercâmbio e Sistematização de Experiências Agroecológicas de Mulheres - Região Sul. **Cadernos de Agroecologia**, [S.l.], v. 6, n. 2, nov. 2011. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/12305>>. Acesso em: 01 feb. 2019.
- [5] RODRIGUES, Graciela. Eco-feminismo: superando a dicotomia natureza/cultura.2000. Disponível em: <http://www.abong.org.br/final/download/ArtigoEcofeminismo.pdf>. Acesso em: 01 feb. 2019
- [6] SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. Para pensar o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1993, P. 29-56.

Capítulo 16

Responsabilidade socioambiental para o desenvolvimento sustentável no ensino-aprendizagem em engenharia

Carlos Roberto Franzini Filho

Luís Alberto Figueiredo de Sousa

Hélio Pekelman

Camila Gabriela Alexandre Geromel Costa

Jane Luchtenberg Vieira

Resumo: Atualmente no Brasil há uma força tarefa da ONU em atingir os 17 objetivos propostos para o desenvolvimento sustentável previstos em sua Agenda 2030. As Instituições de Ensino Superior podem contribuir com a formação de cidadãos pensantes, críticos e reflexivos, além de promoverem educação e desenvolvimento. Diante deste cenário, uma IES desenvolveu o Projeto Sistema Produtivo Sustentável (SPS) que oferece aos seus alunos dos cursos de engenharia a possibilidade de aplicar suas habilidades e conhecimentos adquiridos em sala de aula para propor soluções para problemas reais que necessitam de ações de engenharia para serem solucionados. Este trabalho teve como objetivo analisar a aderência do Projeto SPS com os objetivos propostos para o desenvolvimento sustentável previstos na Agenda 2030 da ONU. Espera-se que as experiências obtidas a partir da realização do Projeto SPS contribuam como fator relevante para o processo de ensino-aprendizagem para os alunos dos cursos de engenharia, e possa contribuir com o propósito em motivar os futuros discentes a participar dos futuros desafios propostos, bem como o surgimento de futuras iniciativas pelas partes interessadas. Sugere-se estender a aplicação destas iniciativas para os outros cursos ofertados pela IES, bem como para outras instituições de ensino superior, públicas ou privadas.

Palavras-chave: Ensino em engenharia, desenvolvimento sustentável, responsabilidade socioambiental.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente há uma grande preocupação tanto das empresas quanto das universidades em conceber as competências necessárias para a formação de um engenheiro e a busca constante por diferenciais no mercado de trabalho. Acrescenta-se à estas competências as questões que envolvem responsabilidade socioambiental, ética empresarial e também sustentabilidade. No Brasil, observa-se uma força tarefa da ONU em atingir os 17 objetivos propostos para o desenvolvimento sustentável previstos na Agenda 2030: 1) Erradicação da pobreza, 2) Fome zero e agricultura sustentável, 3) Saúde e bem-estar, 4) Educação de qualidade, 5) Igualdade de gênero, 6) Água potável e saneamento, 7) Energia limpa e sustentável, 8) Trabalho decente e crescimento econômico, 9) Indústria, inovação e infraestrutura, 10) Redução das desigualdades, 11) Cidades e comunidades sustentáveis, 12) Consumo e produção responsáveis, 13) Ação contra a mudança global do clima, 14) Vida na água, 15) Vida terrestre, 16) Paz, justiça e instituições eficazes e 17) Parcerias e meios de implementação.

As Instituições de Ensino Superior (IES) podem contribuir com a formação de cidadãos pensantes, críticos e reflexivos, além de promoverem educação e desenvolvimento. Diante deste cenário, uma IES situada no Estado de São Paulo, integrante de uma rede internacional de Universidades, desenvolveu o Projeto Sistema Produtivo Sustentável (SPS) que oferece aos seus alunos dos cursos de engenharia a possibilidade de aplicar suas habilidades e conhecimentos adquiridos em sala de aula para propor soluções para problemas reais que necessitam de ações de engenharia para serem solucionados.

A missão da IES é prover educação de alta qualidade, formando líderes e profissionais capazes de responder às demandas do mundo globalizado e contribuir para o progresso social e ambiental com espírito empreendedor e valores éticos. Espera-se que os alunos dos cursos de engenharia envolvidos no Projeto SPS sejam capazes de gerar e/ou influenciar decisões, planos, metas e ações governamentais (seja no nível nacional, estadual ou municipal) voltado para a resolução de problemas de interesse público ou para melhoria das condições de vida da sociedade em suas áreas de atuação. As partes interessadas da IES buscam com a implementação do Projeto SPS alcançar aderência desta iniciativa com os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável previstos na Agenda 2030 da ONU. Observa-se o Projeto SPS como uma estratégia de ensino diferenciada e inovadora que pode contribuir com a formação dos futuros engenheiros acrescentando-lhes competências relacionadas a responsabilidade socioambiental e desenvolvimento sustentável.

A partir das considerações iniciais, este trabalho propõe-se a analisar a aderência do Projeto SPS com os objetivos propostos para o desenvolvimento sustentável previstos na Agenda 2030 da ONU.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O processo de ensino-aprendizagem direcionado para o desenvolvimento sustentável tende a romper com a forma clássica e ideologicamente dominante como os negócios são conduzidos (SPRINGETT, 2005). A IES está entre as mais conceituadas universidades do Brasil e oferece aos seus alunos uma infraestrutura em padrão internacional, livre de discriminação, assédio e retaliação. A realização do Projeto SPS torna-se relevante em razão do seu alinhamento com os objetivos estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU para o Desenvolvimento Sustentável. Esta Agenda é um plano de ação que busca entre outras coisas, erradicar a pobreza em todas as suas formas e dimensões e constitui-se um enorme desafio global. A Figura 1 apresenta os 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU.

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU.

Fonte: Agenda 2030 (2019).

O objetivo 4 - Educação de Qualidade visa assegurar que a educação seja inclusiva, equitativa e de qualidade, promovendo oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos. Em conformidade com o item 4.7 deste objetivo, a IES busca garantir que todos os seus alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável. O Projeto SPS está atualmente dividido em quatro grandes iniciativas apresentadas na Figura 2. Estas iniciativas foram propostas pelo corpo docente e coordenação dos cursos de engenharia da IES para que os alunos tenham a oportunidade de adquirir habilidades e conhecimentos necessários para viabilizar o desenvolvimento sustentável junto a sociedade.

Figura 2 – Iniciativas propostas para o Projeto SPS.

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

O Projeto SPS nas cooperativas de catadores tem como proposta desenvolver e implantar projetos de melhorias pelos alunos dos cursos de engenharia nos processos de triagem manuais de materiais dispostos em esteiras com o objetivo de promover a coleta seletiva. A Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 (PNRS) propõe a separação dos resíduos secos e rejeitos, sendo o primeiro composto por metais, papel, papelão, tetrapak e outros tipos de plásticos.

As trilhas de empregabilidade e empreendedorismo possibilitam aos discentes compreenderem as atuais exigências e expectativas do mercado de trabalho para os egressos do curso de engenharia. Do ponto de vista acadêmico, o planejamento é um ato político pedagógico em razão de revelar intenções e intencionalidade, expor o que se deseja realizar e o que se pretende alcançar (Leal, 2005) e dentre as principais iniciativas propostas pelas trilhas de empregabilidade e empreendedorismo para os cursos de engenharia da IES, destacam-se: aulas internacionais, projeto calouros, projeto carreiras, semana da engenharia e programa de visitas técnicas.

O acesso à educação é um dos fatores mais relevantes ao empoderamento pessoal, sendo este último definido como: como dar ou adquirir poder ou mais poder (Dicio, 2019). Segundo a ONU (2017), o empoderamento feminino está diretamente ligado ao aumento da presença de mulheres no mercado de trabalho, o que está relacionado ao fortalecimento da economia.

A agenda 2030 proposta pela ONU estabelece no seu objetivo 4 que os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável. A sociedade civil é melhor atendida quando alunos, professores, coordenação e toda a IES usa suas habilidades e experiências coletivas para criar mudanças positivas e duradouras nas comunidades. O número de cães abandonados em uma metrópole como a cidade São Paulo cresce exponencialmente todos os anos e atualmente está estimado em aproximadamente 2 milhões de cães abandonados, segundo a Agência de Notícias de Direitos dos Animais. Dentro desta abordagem, o Projeto SPS também buscou oferecer aos alunos dos cursos de engenharia da IES, a oportunidade de atuar no desafio de propor melhorias nos processos internos de uma ONG de resgate de cães em situações de abandono e maus tratos.

3. METODOLOGIA

A Figura 3 apresenta a estrutura metodológica para atingir ao objetivo proposto para a realização deste trabalho quanto a natureza, abordagem, objetivo, método, técnica de coleta e análise dos dados.

Figura 3 – Estrutura metodológica.

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

A natureza exploratória deste trabalho pode ser caracterizada como uma pesquisa teórico/conceitual que segundo a tipologia apresentada por Nakano (2012), trata-se de discussões conceituais a partir da literatura, revisão bibliográfica e modelagens conceituais.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Atuar no desenvolvimento sustentável exige o equilíbrio dos aspectos econômicos, ambientais e sociais e implica em atuar em um mundo tripolar, onde o poder tende a se repartir, de maneira cada vez mais equilibrada, entre governos, empresas e organizações da sociedade civil (Almeida, 2007). A IES está entre as mais conceituadas universidades do Brasil e oferece aos seus alunos uma infraestrutura em padrão internacional, livre de discriminação, assédio e retaliação. A Figura 4 ilustra as partes interessadas no Projeto SPS que atuam em parceria colaborativa para cumprir os objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Agenda 2030 da ONU.

Figura 4 – Partes interessadas no Projeto SPS.

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

O Quadro 4 ilustra a aderência das quatro iniciativas dentro do Projeto SPS proposto pela IES com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Agenda 2030 da ONU. Observa-se uma forte aderência das iniciativas dentro do Projeto SPS com os objetivos sustentáveis: 1) Erradicação da pobreza, 4) Educação de Qualidade, 5) Igualdade de Gênero, 8) Trabalho Decente e Crescimento Econômico, 9) Indústria Inovação e Infraestrutura e 10) Redução das desigualdades.

Quadro 1 - Matriz de aderência entre as iniciativas do Projeto SPS e ODS - Agenda 2030.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável ODS 2030		Iniciativas dentro do Projeto SPS			
		ativ a de	cat ed	ori sm	mi nin o e sga te de
1.	Erradicação da pobreza	X		X	
4.	Educação de Qualidade	X	X	X	X
5.	Igualdade de Gênero			X	
8.	Trabalho decente e crescimento econômico	X	X		
9.	Indústria, inovação e infraestrutura	X	X	X	X
10.	Redução das desigualdades	X	X	X	

Fonte: elaborado pelos autores (2019).

O Quadro 2 destaca as principais iniciativas previstas dentro do ODS 1 estabelecido pela Agenda 2030 com forte aderência às iniciativas dentro do Projeto SPS aplicados a cooperativa de catadores e empoderamento feminino.

Quadro 2 – Principais iniciativas previstas pela Agenda 2030 dentro do ODS 1.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 1 – Erradicação da pobreza.
Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
1.1 Até 2030, erradicar a pobreza extrema para todas as pessoas em todos os lugares, atualmente medida como pessoas vivendo com menos de US\$ 1,90 por dia.
1.2 Até 2030, reduzir pelo menos à metade a proporção de homens, mulheres e crianças, de todas as idades, que vivem na pobreza, em todas as suas dimensões, de acordo com as definições nacionais.
1.3 Implementar, em nível nacional, medidas e sistemas de proteção social adequados, para todos, incluindo pisos, e até 2030 atingir a cobertura substancial dos pobres e vulneráveis.
1.4 Até 2030, garantir que todos os homens e mulheres, particularmente os pobres e vulneráveis, tenham direitos iguais aos recursos econômicos, bem como o acesso a serviços básicos, propriedade e controle sobre a terra e outras formas de propriedade, herança, recursos naturais, novas tecnologias apropriadas e serviços financeiros, incluindo micro finanças.
1.5 Até 2030, construir a resiliência dos pobres e daqueles em situação de vulnerabilidade, e reduzir a exposição e vulnerabilidade destes a eventos extremos relacionados com o clima e outros choques e desastres econômicos, sociais e ambientais.

Fonte: adaptado Agenda 2030 (2019).

O Quadro 3 destaca as principais iniciativas previstas dentro do ODS 4 estabelecido pela Agenda 2030 com forte aderência às 4 iniciativas dentro do Projeto SPS: cooperativas de catadores, trilhas de empreendedorismo e empregabilidade, empoderamento feminino e igualdade de gênero e por último resgate de animais de rua.

Quadro 3 – Principais iniciativas previstas pela Agenda 2030 dentro do ODS 4.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 4 – Educação de Qualidade.

Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todas e todos.

4.3 Até 2030, assegurar a igualdade de acesso para todos os homens e mulheres à educação técnica, profissional e superior de qualidade, a preços acessíveis, incluindo universidade.

4.4 Até 2030, aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham habilidades relevantes, inclusive competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo.

4.5 Até 2030, eliminar as disparidades de gênero na educação e garantir a igualdade de acesso a todos os níveis de educação e formação profissional para os mais vulneráveis, incluindo as pessoas com deficiência, povos indígenas e as crianças em situação de vulnerabilidade.

4.7 Até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: adaptado Agenda 2030 (2019).

O Quadro 4 destaca as principais iniciativas previstas dentro do ODS 5 estabelecido pela Agenda 2030 com forte aderência às iniciativas de empoderamento feminino e igualdade de gênero.

Quadro 4 – Principais iniciativas previstas pela Agenda 2030 dentro do ODS 5.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 5 – Igualdade de Gênero.

Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

5.1 Acabar com todas as formas de discriminação contra todas as mulheres e meninas em toda parte.

5.2 Eliminar todas as formas de violência contra todas as mulheres e meninas nas esferas públicas e privadas, incluindo o tráfico e exploração sexual e de outros tipos.

5.5 Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades para a liderança em todos os níveis de tomada de decisão na vida política, econômica e pública.

5.6 Assegurar o acesso universal à saúde sexual e reprodutiva e os direitos reprodutivos, como acordado em conformidade com o Programa de Ação da Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento e com a Plataforma de Ação de Pequim e os documentos resultantes de suas conferências de revisão.

5.b Aumentar o uso de tecnologias de base, em particular as tecnologias de informação e comunicação, para promover o empoderamento das mulheres.

5.c Adotar e fortalecer políticas sólidas e legislação aplicável para a promoção da igualdade de gênero e o empoderamento de todas as mulheres e meninas em todos os níveis.

Fonte: adaptado Agenda 2030 (2019).

O Quadro 5 destaca as principais iniciativas previstas dentro do ODS 8 estabelecido pela Agenda 2030 com forte aderência às iniciativas dentro do Projeto SPS: cooperativas de catadores e também trilhas de empreendedorismo e empregabilidade.

Quadro 5 – Principais iniciativas previstas pela Agenda 2030 dentro do ODS 8.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 8

Trabalho Decente e Crescimento Econômico.

Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo.

8.3 Promover políticas orientadas para o desenvolvimento que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros.

8.5 Até 2030, alcançar o emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todas as mulheres e homens, inclusive para os jovens e as pessoas com deficiência, e remuneração igual para trabalho de igual valor.

8.6 Até 2020, reduzir substancialmente a proporção de jovens sem emprego, educação ou formação.

8.8 Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores, incluindo os trabalhadores migrantes, em particular as mulheres migrantes, e pessoas em empregos precários.

Fonte: adaptado Agenda 2030 (2019).

O Quadro 6 destaca as principais iniciativas previstas dentro do ODS 9 estabelecido pela Agenda 2030 com forte aderência às iniciativas dentro do Projeto SPS: cooperativas de catadores, trilhas de empreendedorismo e empregabilidade, empoderamento feminino e igualdade de gênero e por último resgate de animais de rua.

Quadro 6 – Principais iniciativas previstas pela Agenda 2030 dentro do ODS 9.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 8 – Indústria Inovação e Infraestrutura.

Objetivo 9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação

9.4 Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades.

9.5 Fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente os países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento.

Fonte: adaptado Agenda 2030 (2019).

O Quadro 7 destaca as principais iniciativas previstas dentro do ODS 10 estabelecido pela Agenda 2030 com forte aderência às iniciativas dentro do Projeto SPS: cooperativas de catadores, trilhas de empreendedorismo e empregabilidade, e por último empoderamento feminino e igualdade de gênero.

Quadro 7 – Principais iniciativas previstas pela Agenda 2030 dentro do ODS 9.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 8 – Indústria Inovação e Infraestrutura.

Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

10.2 Até 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, gênero, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra.

10.3 Garantir a igualdade de oportunidades e reduzir as desigualdades de resultados, inclusive por meio da eliminação de leis, políticas e práticas discriminatórias e da promoção de legislação, políticas e ações adequadas a este respeito.

Fonte: adaptado Agenda 2030 (2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta para a realização deste trabalho foi analisar a aderência do Projeto SPS proposto pela IES com os objetivos de Desenvolvimento Sustentável previstos na Agenda 2030 da ONU. Como resultado desta análise, conclui-se que o Projeto SPS proposto pela IES possui forte aderência com os objetivos sustentáveis: 1) Erradicação da pobreza, 4) Educação de Qualidade, 5) Igualdade de Gênero, 8) Trabalho Decente e Crescimento Econômico, 9) Indústria Inovação e Infraestrutura e 10) Redução das desigualdades. Observa-se que IES busca garantir que todos os seus alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável. A missão da IES é prover educação de alta qualidade, formando líderes e profissionais capazes de responder às demandas do mundo globalizado e contribuir para o progresso social e ambiental com espírito empreendedor e valores éticos.

Este trabalho limitou-se a analisar apenas a aderência do Projeto SPS com os objetivos de Desenvolvimento Sustentável previstos na Agenda 2030 da ONU sem aprofundar-se aos detalhes na realização específica de cada uma das quatro iniciativas: cooperativas de catadores, trilhas de empreendedorismo e empregabilidade, empoderamento feminino e resgate de animais de rua.

Espera-se que as experiências obtidas a partir da realização do Projeto SPS contribuam como fator relevante para o processo de ensino-aprendizagem para os alunos dos cursos de engenharia ofertados pela IES. Por se tratar iniciativas pioneiras nos cursos de engenharia da IES, espera-se que o Projeto SPSP possa contribuir com o propósito em motivar os futuros discentes a participar dos desafios propostos,

bem como o surgimento de futuras iniciativas pelas partes interessadas. Sugere-se estender a aplicação destas iniciativas para os outros cursos ofertados pela IES, bem como para outras instituições de ensino superior, públicas ou privadas.

6. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos à IES pelo apoio e incentivo a pesquisa, seu corpo docente, administração e coordenação dos cursos de engenharia. Os agradecimentos a todos os colegas que colaboraram direta ou indiretamente com a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Almeida, F. Os desafios da sustentabilidade: uma ruptura urgente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- [2] Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos. Diário oficial da união, Brasília, 2010. Disponível em: < https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- [3] Empoderar In: Dicio, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2018. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/empoderar/>. Acesso em: 23/01/2019.
- [4] Leal, Regina Barros. Planejamento de ensino: peculiaridades significativas. Revista Iberoamericana de Educación, v. 37, n. 3, p. 1-7, 2005.
- [5] Nakano, Davi. Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações, v. 2, p. 65-74, 2010.
- [6] Organização das Nações Unidas Brasil. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 29 mar. 2019.
- [7] Springett, D. 'Education for sustainability' in the business studies curriculum: a call for a critical agenda. Business Strategy and the Environment, v. 14, n. 3, p. 146-159, maio/jun. 2005.

Capítulo 17

Educação e gestão ambiental no desenvolvimento sustentável na Mineração de Ferro: Aproveitamento de rejeitos para obtenção de materiais cerâmicos

Daniel Costa Martins Seabra

Emille Carvalho do Espírito Santo

Ingrid Moreira Reis

Daniel José Lima de Sousa

Disterfano Lima Martins Barbosa

Reginaldo Saboia de Paiva

Resumo: Com o advento da mineração as diversas formas de obter materiais para suprir necessidades vem ampliando-se, pois, a economia se intensificou com a inserção de novos materiais no ramo industrial. Sendo assim, o aproveitamento a partir dos rejeitos de minério de ferro para obtenção de materiais cerâmicos é uma forma de balancear a economia com o desenvolvimento sustentável para se ter a conservação do ambiente, visando reduzir a quantidade de rejeitos nas bacias. Visto que, o estudo químico propicia ferramentas de como pode ser possível adquirir esses materiais a partir de análises que mostram a viabilidade desse processo, levando em consideração práticas desenvolvidas a outros tipos de materiais e que se incorporadas a este estudo poderá alavancar uma outra solução capaz de alcançar o benefício sustentável das empresas, como a redução do acumulo de resíduos nas bacias, dando um outro destino apropriado. Este trabalho tem como foco a obtenção de materiais cerâmicos alternativos, levando em consideração um aprendizado educacional e gestão ambiental como forma de comparação desse processo os estudos com base em alguns autores, por demonstrarem a estreita relação e afinidade de geração de novos produtos que sejam sustentáveis. Além disso, demonstram a praticidade como forma de beneficiamento para problemáticas sociais e ambientais, uma vez que experiências e aplicações já feitas a partir desse rejeito mostram resultados satisfatórios quanto a produção de materiais cerâmicos, como no caso da empresa Samarco que ao longo dos anos vem realizando estudos sobre a viabilidade do aproveitamento desse rejeito de minério como forma de estimular a economia através de uma produção sustentável. A vista disso, estudos realizados em prol do desenvolvimento sustentável, mostram que é possível almejar-se questões positivas tanto no cenário econômico quanto no social, propiciando incentivos para pesquisas e investimentos em projetos que busquem pela melhoria do cenário ambiental que está sendo vivenciado no cotidiano, evitando assim, possíveis desastres com barragens.

Palavras-chave: conservação do ambiente, materiais cerâmicos alternativos, aprendizado educacional.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos a expansão da mineração se intensificou por conta da demanda de matéria prima nos diversos setores de produção, como os automobilísticos, espaciais, eletroeletrônicos e etc. Por conta disso, a procura por jazidas de minério de ferro aumentou a partir do momento em que se viu a necessidade de novos produtos no mercado para suprir as necessidades econômicas e sociais. Sendo assim, a apresentação deste trabalho descreverá com base nos planos das empresas aplicar estudos e conhecimentos químicos e na ciência das materiais formas viáveis para utilização dos rejeitos, no qual o processo de separação do minério da ganga origina toneladas deste material, ao qual são descartados nas bacias sem aproveitamento. Logo, visaremos um estudo em que poderá se obter um possível resultado capaz de diminuir a quantidade do rejeito nas barragens, encontrando uma forma de utilizá-lo na fabricação de materiais cerâmicos. Visto que, esta ideia poderá proporcionar benefícios as empresas de mineração de ferro e ao meio ambiente, fazendo uma reavaliação na gestão e educação ambiental, encontrando um destino apropriado ao material.

A mineração é de suma importância para o desenvolvimento econômico e social, seja ao país em que se encontra como ao estado no qual se está instalado, pois gera emprego e renda para as pessoas que vivem nas redondezas. Sendo assim, com o advento da tecnologia, formas de amenizar impactos ambientais vem sendo implementadas para apaziguar os efeitos das escavações, na qual as cavas realizadas pelas escavadeiras mudam por completo a paisagem do local. Entretanto, práticas de educação ambiental e gestão, vem sendo incorporadas as empresas para desenvolver a capacitação dos funcionários, de modo a fazer o comprometimento em reduzir os danos à fauna e flora. Ademais, para conciliar as práticas da mineração com a sustentabilidade, Silva e Pessoa enfatizam que o desenvolvimento para abordagens de diversas formas que envolvam uma questão ambiental, deve-se colocar em discussão a forma como o homem administra os recursos naturais, sendo que, ao buscar algo que seja de importância para a sua necessidade, não venha a desenvolver um certo desequilíbrio num futuro próximo.

No que se refere a conscientização do trabalho da gestão de forma objetiva, Silva e Pessoa ainda dizem que, a interação da mineração com o meio ambiente articula diferentes agentes sociais para conciliar uma gestão ambiental que venha garantir a exploração dos recursos naturais de forma sustentável, ao qual envolva as diretrizes econômicas, sociais e ambientais, dentro dos parâmetros das políticas de preservação do meio ambiente, educando e gerenciando o trabalho de extração do minério, neste estudo, o minério de ferro. Tendo a noção de uma conservação do ambiente, Parizotto (1995) confronta duas ideias, uma de conservação e outra de exploração, quando diz que a relação entre meio ambiente e mineração não tem se relacionado de forma harmoniosa, argumentando que, é vista por aqueles que defendem a natureza como um bem que não deve ser explorado e sim conservado, já que a prática da mineração é vista como danosa ao meio ambiente, porém a outra vertente, defende que, os recursos naturais devem ser explorados, pois são visto como um sinal para o crescimento econômico e social, acarretando uma série de benefícios para a localidade e à economia, tanto para empresa, quanto para a população local.

A prática da educação ambiental, pode ser inserida em um contexto de aprimoramento das empresas de mineração do ferro, onde as pessoas envolvidas desenvolvem um sistema para impedir grande parte da degradação do meio explorado, afim de pensar em uma possível solução de como se deve proceder para causar um menor dano possível aquele local em que se trabalha. Logo, Alcântara, Silva e Nishijima (2012) afirmam que o desenvolvimento sustentável junto com a inserção de práticas educacionais que sejam de acordo com a conservação do meio ambiente, deve ser para a melhoria da qualidade de vida de uma sociedade onde mantêm-se o equilíbrio com o ecossistema. Sendo assim, deve haver a participação de todos os envolvidos, tanto da empresa quanto da população local, pois o objetivo em si é que ambos os lados sejam beneficiados e que mantenham a consciência da sustentabilidade, ao qual se descreve como práticas integradas e que sejam continuamente renovadas ou aperfeiçoadas, visando sempre o bem coletivo.

Quando se trata do minério de ferro, dos processos de extração e de beneficiamento, observase que a água está atuante de forma explícita, pois ao se encontrar o minério em uma determinada profundidade pode se deter pelo caminho uma parcela de água, neste caso um lençol freático, em que deve ser feito a retirada para poder fazer a extração do minério, contudo, Rodrigues, Rodrigues e Nunes (2013) mencionam uma forma de tentar amenizar esses efeitos propícios a prática de mineração, mostrando que as empresas tem adotado ações que busquem a educação e a gestão ambiental, sendo assim, interpretando para uma questão socioambiental a mesma água encontrada pode ser utilizada para fazer o beneficiamento do mesmo e se possível ser reutilizada, evitando assim o desperdício. A obtenção do rejeito de mineração, se dá quando há utilização água no processo de separação do minério de ferro do material que não é de interesse, é um método de beneficiamento de baixo custo, sendo assim, sua composição se dá por minérios

que possuem baixa concentração de ferro. Os rejeitos gerados pela separação do minério da ganga precisam de um local para serem armazenados, portanto, a barragem de contenção é a mais usada, por ser utilizado o processo de alteamento, que se refere a um dique que se é construído para barrar a lama que se origina nos processos de extração e tratamento do minério, contudo é um método antigo, de custo baixo e simples, porém, apresenta um certo perigo, pois o seu rompimento pode causar problemas sociais, econômicos e ambientais. Portanto, é de suma importância fazer o monitoramento e fiscalização das barragens, para preservar tanto a segurança dos envolvidos quanto a preservação do meio ambiente.

Os materiais cerâmicos possuem em sua composição argilominerais que podem ser pequenas ou grandes dependendo da geologia do local, logo, uma solução encontrada para evitar que desastres ambientais, como no caso das barragens de Mariana e Brumadinho nos anos de 2015 e 2019 respectivamente, voltem a ocorrer, práticas para aproveitamento dos rejeitos devem ser implementadas para se encontrar uma utilização. A empresa Samarco vem a 10 anos estudando com parcerias de empresas e universidades uma forma de aproveitamento deste rejeito, tendo uma utilidade na parte dos materiais cerâmicos, visto que, não há em sua composição material tóxico ou corrosivo, mas se exposto em grande quantidade ao meio natural, pode acarretar diversos problemas ao meio ambiente e social. Sendo assim para Godinho *et al.* (2015) e Sarquis *et al.* (2018), o aproveitamento dos argilominerais e silicatos podem gerar produtos de cerâmica vermelha. Seguindo a figura 1 do fluxograma, observa-se como pode dar-se os processos para a produção de cerâmicas.

Figura 1. Fluxograma de fabricação de cerâmica vermelha.

Fonte: Godinho *et al.* (2015).

Por conseguinte, a figura 2 mostra os tipos de materiais cerâmicos que podem ser desenvolvidos a partir do rejeito do minério de ferro:

Figura 2. Tipos de reutilizações do rejeito de minério de ferro.

Fonte: Samarco.

Analisando a composição das cerâmicas, observa-se que basicamente a constituição química se dá por argilominerais, principalmente caulinita, óxidos de ferro e baixos teores de compostos alcalinos e alcalinos terrosos. Para obter uma cerâmica de qualidade, alguns compostos minerais precisam ser recompostos do rejeito, como o caso do quartzo, óxidos de ferro (hematita e magnetita) e minerais pesados, de modo que adicionando-se materiais plásticos como argilominerais alcancem propriedades reológicas propensas ao fabrico de cerâmica estrutural. Para que haja aplicabilidade é necessário a realização de estudos e

parcerias com a própria mineradora, para que se busque sempre métodos baixo custo sem perder a eficiência em desenvolver bons produtos cerâmicos. Outra forma de inserção da prática educacional e ambiental pode ser implementada pelo Arranjo Produtivo Local (APL), segundo Ferreira e Botelho (2013) é um conjunto de fatores econômicos, políticos e sociais, que podem gerar uma comutação e novidade para a organização especializada, apresentando novos produtos com ideias de materiais com maior qualidade. Contudo, nota-se que as práticas ambientais e educacionais são vistas como o alicerce para diversas vertentes, ressaltando a importância de estabelecer as políticas da instituição como base de pesquisa e entendimento do problema analisado.

Este estudo busca gerar resultados alternativos que visem a redução de rejeito nas bacias por meio da produção de cerâmicas, afim de reduzir quantitativamente os volumes das bacias, gerando dividendos à mineradora e a sociedade.

O objetivo do estudo visa encontrar meios produzir materiais cerâmicos a partir dos rejeitos da mineração de minério de ferro, buscando formas viáveis de produção, bem como estudo sob o ponto de vista ambiental.

2.METODOLOGIA

Tendo em vista as premissas da educação ambiental e a busca por soluções do respectivo problema, a primeira etapa do trabalho foi proporcionada com uma metodologia com base no uso de pesquisas bibliográficas e pesquisas de campo, para aclimatar com tema discutido e sua exploração em estudos realizados em outras mineradoras, tendo como base a educação e gestão ambiental em torno da produção de materiais cerâmicos, reforçando a ideia de que o estudo pode ser elaborado discutindo as margens sobre os rejeitos da mineração do ferro. A segunda etapa proporcionou em analisar e discutir as proposições em que as mineradoras abordam a problemática da aprendizagem educacional e ambiental, observando a metodologia do arranjo produtivo local para implementação das cerâmicas de rejeito, sabendo que há formas de encontrar uma finalidade para o material com o uso de atividades inovadoras para estabelecer a cooperação da mineradora.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abordando os estudos da gestão e educação ambiental, estes resultados apresentam uma diretiva que traz benefício em prol do meio ambiente com base em estudos de alguns autores, mostrando a importância da economia e meio ambiente estarem em sintonia, visto que, a mineração é importante para o desenvolvimento econômico, da mesma forma que o meio biótico é necessário para o equilíbrio do ecossistema, demonstrando que os rejeitos não são apenas materiais que servem para descarte, mas sim que podem ser reaproveitados, incorporando a APL como ferramenta no estudo da cerâmica de rejeito, desenvolvendo diligências econômicas correlacionadas e que apresentem vínculos de produção, interação, contribuição e aprendizagem. Haja vista que devemos colocar como algo esperado o material cerâmico advindo do rejeito, salientando que deve haver estudos precisos sobre sua análise química e retirada de materiais que podem ser danosos à flora e fauna. Este poderá ser um resultado esperado, desempenhando um importante papel de verificação e aperfeiçoamento nos rejeitos visando sempre as práticas educacionais e a gestões ambientais.

4.CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho desenvolveu estudos de produção de cerâmicas a partir dos rejeitos, tendo uma pesquisa profunda em determinar sempre as melhores formas de produção do material. Entretanto, deve haver uma parceria da mineradora e do grupo de pesquisa da área, para que sejam vistos critérios de análise e desenvolvimento, sendo visto algumas práticas semelhantes na qual podem ser implementadas com base no processo em que é vista de produção das cerâmicas com base na APL, para confluência de práticas educacionais e ambientais, como uma ferramenta de verificação para ser incorporada ao meio produtivo.

REFERÊNCIAS

- [1] Alcântara, Larissa Azambuja; Silva, Maria Clara Araujo; Nishijima, Toshio. Educação ambiental e os sistemas de gestão ambiental no desafio do desenvolvimento sustentável. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* - Reget/Ufsm, Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 734 - 740, 2012. Disponível em: <encurtador.com.br/bfqF0>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- [2] Ferreira, Juliene Barbosa; Botelho, Marisa dos Reis A. Comportamento Estratégico: uma análise para o APL cerâmico de Ituiutaba – MG. In: Encontro da Anpad, Rio de Janeiro, 2013. *Anais eletrônicos [...]*. disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/2013_Enanpad_Eso1846.pdf>. Acesso em: 31 maio 2019.
- [3] Godinho, Henrique Araújo et al. Redução no impacto ambiental na produção de cerâmicas, implicações e análise de investimentos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* - Reget/Ufsm, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 112 - 123, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16054/pdf_1>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- [4] Parizotto, José Antônio. Gerenciamento ambiental nas empresas de mineração. 1995. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências, Pós-Graduação em Geociências Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, São Paulo, 1995. Disponível em: <encurtador.com.br/oyBGR>. Acesso em: 15 mar. 2019.
- [5] Rodrigues, Viviane Freitas Araújo; Rodrigues, Joabe Cerqueira; Nunes, Virgínia de Jesus. Gestão ambiental em mineradora – feira de Santana. In: Congresso Brasileiro De Gestão Ambiental, 4., Salvador/BA, 2013. *Anais eletrônicos [...]*. Disponível em: <encurtador.com.br/fl239>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- [6] Sarquis, Aléssio Bessa et al. Diagnóstico de gestão ambiental no setor de cerâmica vermelha.
- [7] *Revista Eletrônica de Administração e Turismo – Reat*, v. 12, n. 6, p. 1542 – 1562, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/AT/article/view/13055/8574>>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- [8] Samarco. Aproveitamento de rejeitos. Disponível em: <<https://www.samarco.com/aproveitamento-de-rejeitos/>>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- [9] Silva, Márcia Regina da; Pessoa, Zoraide Souza. Educação como instrumento de gestão ambiental numa perspectiva transdisciplinar. Disponível em: <encurtador.com.br/iIU35>. Acesso em: 15 mar. 2019.

Autores

ALESSANDRA MATIAS ALVES

Possui graduação em Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Castelo Branco (2016). Atualmente é auxiliar no combate de endemias da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

ALEXANDRE CAMPELO DE CARVALHO

Graduado no curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Atuou como estagiário na Empresa AEROCARTA S/A ENGENHARIA DE AEROLEVANTAMENTOS no período de 12/01/2015 a 02/3/2016. Posteriormente atuou como bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPq - Museu Paraense Emílio Goeldi, a qual realizou estudos sobre morfologia de plântulas e plantas jovens de espécies invasoras de áreas de cultivos da região metropolitana de Belém,PA.

ALEXILDA OLIVEIRA DE SOUZA

Possui graduação em Licenciatura em Química pela Universidade do Estado da Bahia (1993), mestrado em Química pela Universidade Federal da Bahia (1997) e doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Atualmente é professora titular da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e atua como docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Química. Tem experiência nas áreas de Química do Estado Sólido, Cinética e Catálise, atuando principalmente nos seguintes temas: Síntese de novos materiais, catálise, adsorção e processos oxidativos avançados.

ANA CLAUDIA PIMENTEL

Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Faculdade Celso Lisboa (1990), - Mestrado em Biotecnologia Vegetal pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1998), - Doutorado em Biotecnologia Vegetal pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2003), - Pós doutorado em Tratamento alternativo utilizando sementes de Moringa oleífera para a remoção de células de cianobactérias e microcistinas desenvolvido no Laboratório de Ecotoxicologia e Toxicologia de Cianobactérias, Instituto de Biofísica, UFRJ. - Atuou como analista ambiental no Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) de 2003 a 2017. - Professora pesquisadora tempo integral (TI) da Universidade Castelo Branco desde 2006. - Coordenadora de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação da Universidade Castelo Branco, desde maio/2019. - Professora do curso de Pós graduação lato sensu em Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental da Universidade Castelo Branco. - Professora do curso de Pós graduação lato sensu em Gestão Ambiental Integrada do Instituto Multidisciplinar de Formação Humana com Tecnologias da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (IFHT/UERJ). - Experiência nas áreas de Microbiologia, com ênfase em Cultivo e Fisiologia de Cianobactérias, atuando principalmente nos seguintes temas: cianobactéria, microcistinas, cianobactérias, cianotoxinas e Complexo Lagunar de Jacarepaguá. - Experiência em estudos ecotoxicológicos com organismos bioindicadores.

ANA VITORIA PROTazio BARBOSA E VITOR

Arquiteta e Urbanista formada pela faculdade FACY Wyden e Técnica em Edificações formada pela Escola Técnica Estadual Magalhães Barata - ETEMB. Objetivo é inovar em práticas mais sustentáveis que diminuam o consumo de resíduos deixados, principalmente, pela construção civil.

ARON DA SILVA GUSMÃO

Possui graduação em Ciências Biológicas - Bacharelado pela Universidade Castelo Branco (2016), tendo experiência em Ecotoxicologia Aquática (2014), Micologia pela Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ (2015), desempenhou a função de Biólogo Trainee na empresa MAM RIO Defensivos e Aplicações LTDA. Rio de Janeiro, RJ (2017), exerce a função de Biólogo na empresa CEL Global Construções e Serviços LTDA. em Nova Iguaçu, RJ (2018) e atualmente, Pós graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Castelo Branco.

BRUNA ARAÚJO DE OLIVEIRA

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Castelo Branco(2016) e ensino-medio-segundo-grau pelo Colégio Estadual Bangu(1999).

CAMILA GABRIELA ALEXANDRE GEROMEL COSTA

Graduada em Engenharia Ambiental pela Fundação Educacional de Fernandópolis (2008). Mestre em Engenharia Civil na área de conhecimento Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais e linha de pesquisa Tratamento de águas e águas residuárias pelo departamento de Engenharia Civil da FEIS-UNESP (2012). Doutora pelo departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da EESC-USP (2018). Docente nos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental pela Universidade Anhembi Morumbi.

CARLOS ALEXANDRE SANTOS QUERINO

Meteorologista, Prof. Adjunto II da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, vinculado Instituto de Educação Agricultura e Ambiente - IEAA. Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA/UFAM. Possui graduação e mestrado em meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas (2003) e (2006) e Doutorado em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (2016). Atualmente é vice coordenador do Núcleo Regional de Humaitá/AM d Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBIO). Realiza pesquisas no âmbito da interação biosfera-atmosfera na Amazônia e Pantanal. Tem experiência na área de Geociências (Meteorologia), com ênfase em Radiação Solar, Micrometeorologia e Climatologia.

CARLOS ROBERTO FRANZINI FILHO

Possui formação Técnica em Mecânica (ETE Júlio de Mesquita), graduado em Engenheiro de Produção Mecânica pela Universidade do Grande ABC (2005) e possui MBA em Gestão da Qualidade & Produtividade (2010) nesta mesma Instituição de Ensino. Mestre em Engenharia de Produção na UniNOVE (2015). Docente na Universidade Anhembi Morumbi, onde leciona as seguintes disciplinas: Gestão de Contratos & Projetos, Sistemas de Informação e Tecnologia da Informação em Ambiente Empresarial e Gestão de Custos em Sistemas Produtivos.

DANIEL COSTA MARTINS SEABRA

Formação: Graduação em andamento em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia ênfase mineral, pela Universidade Federal do Pará e Técnico em Meio ambiente interrompido (2016). Áreas de atuação: mineração, meio ambiente.

DANIEL JOSÉ LIMA DE SOUSA

Formação: Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Pará (1995), mestrado em Geologia e Geoquímica pela mesma universidade (2000) e doutorado sandwich em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto (2004) e o Institut National Polytechnique de Lorraine (França). Atuação profissional: Professor do Magistério Superior atualmente lotado na Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Campus de Ananindeua. Área de atuação: Área de Geociências, com ênfase em mineralogia e geoquímica, atuando principalmente nos seguintes temas: geologia, mineralogia, geoquímica de commodities como caulim, bauxita, calcário, fosfato, ferro e ouro. Ampla experiência em projetos de exploração e avaliação, com planejamento de campanhas de sondagens, descrição e banco de dados (QA/QC) para avaliação de reservas e relatório parcial e final de pesquisa.

DANIEL NETO FRANCISO

Doutorando em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, mestre em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas (PPGDT/UFRRJ) é graduado em Administração Pública pela Universidade Federal Fluminense. Tutor do CEDERJ nas disciplinas de Relações Internacionais e Gestão de Redes

DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA

Graduado e Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Doutorado em Ciências Ambientais pela UNESP - Campus de Sorocaba. Atua, principalmente, nos seguintes: Dispersão de Poluentes Atmosféricos, Gestão de Recursos Hídricos, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Tem experiência na coordenação e participação em projetos de pesquisa e extensão aprovados em empresas e IES públicas e privadas. Atualmente é Professor Assistente Doutor da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Registro onde ministra aulas na graduação em Engenharia de Pesca.

DEVYD DE OLIVEIRA DA SILVA

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Castelo Branco (2016) e ensino-médio-segundo-graupelo Colégio ADN Master(2010)

DISTERFANO LIMA MARTINS BARBOSA

Formação: Graduação em Engenharia Mecânica (2011) e mestrado em Engenharia Mecânica (2013), ambos pela Universidade Federal do Pará. Atuação profissional: Professor do Magistério Superior desde 2014, atualmente lotado na Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pará, Campus de Ananindeua. (Anterior, Campus de Abaetetuba). Atua na área de Engenharia Mecânica com ênfase em Aerodinâmica de Difusores aplicados às turbinas eólicas.

EDVÁ OLIVEIRA BRITO

Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Mato Grosso (1980), mestrado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (1984) e doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (1995). Atualmente é professor associado i da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase em Tecnologia de Chapas, atuando principalmente nos seguintes temas: chapas de partículas, granulometria de partículas, aproveitamento de resíduos lignocelulósicos e preservação de madeiras.

ELIZABETH DO ROSÁRIO LEBREGO RAMOS

Graduada em Engenharia Florestal pela universidade federal rural da amazônia - UFRA, atualmente atua na área de consultoria voltada a prestação de serviços de assessoria, assim como, elaboração de planos de manejo, relatórios técnicos, análises de banco de dados e tipologia vegetal. Interessa-se por ciências florestais visando mestrado no segmento

EMILLE CARVALHO DO ESPÍRITO SANTO

Formação: Graduação em andamento em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia ênfase mineral, pela Universidade Federal do Pará. Formação complementar: voluntária do projeto de Extensão Laboratório de Engenhocas. Áreas de atuação: Mineração, robótica, mecatrônica e automação/ subárea: Ciência da Computação.

ENILSON DA SILVA SOUSA

Diretor da Faculdade de Geografia do Campus Universitário de Ananindeua-Pa., da Universidade Federal do Pará - UFPA, Portaria No. 2670/2019; Coordenador da pós-graduação em "Geografia e Meio Ambiente", UFPA Campus Ananindeua - Portaria No. 843/2018. Doutorado em Ciências Ambientais, "Avaliação da contaminação por mercúrio na Foz do rio Tapajós e exposição ambiental à população de Santarém-Pa, Brasil" - PPGCA (UFPA/EMBRAPA/GOELDI - 2016), Ano de obtenção: 2016; Mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Amazonas (2009); Possui graduação em Geografia Bacharelado pela Universidade Federal do Pará (1997), graduação em Geografia Licenciatura pela Universidade Federal do Pará (1994)

FERNANDO ALMEIDA SANTOS

Pós-doutor em Bioenergia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (2018); Pós-doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (2014); Doutor em Bioquímica Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (2013); Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (2008); Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual de Montes Claros (2006). Professor Adjunto da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (desde 2014). Coordenador do Grupo de Pesquisa CESBIO - Centro de Estudos em Biorrefinaria. Membro Titular do Comitê de Assessoramento de Engenharias da FAPERGS. Orienta e co-orienta estudante de graduação e pós-graduação no Brasil e Portugal.

FERNANDO JOSÉ BORGES GOMES

Engenheiro Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 2009, onde, em 2010, também obteve o título de Mestre em Tecnologia de Celulose e Papel, e em 2013 o título de Doutor, sendo a sua tese desenvolvida com foco em processos de Biorrefinaria integrados à indústria de Celulose e Papel. Autor de vários artigos científicos, palestras e apresentações em congressos nacionais e internacionais.

GALBA MARIA DE CAMPOS TAKAKI

Possui graduação em Farmácia-Bioquímica. pela Universidade Federal de Pernambuco (1965), mestrado em Microbiologia e Imunologia pela Universidade Federal de São Paulo (1978) e doutorado em Microbiologia e Imunologia pela Universidade Federal de São Paulo/ Newcastle upon Tyne, Inglaterra(1984) e pós-doutorado em Bacteriologia e Biotecnologia pela Faculté de Pharmacie, Montpellier e Grénoble, França. Coordenadora do Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais. É professora permanente do Doutorado da Rede Nordeste de Biotecnologia-RENORBIO/Universidade Católica de Pernambuco e Coordenadora do Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais.

HÉLIO PEKELMAN

Formado em Engenharia Mecânica pela Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP) (1989), Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo (2000). Docente na Universidade Anhembí Morumbi na área de Engenharia de Produção.

ILKA DJANIRA FERREIRA DO NASCIMENTO

Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, vinculada como Bolsista CAPES, com atividades de pesquisa na linha da Biotecnologia. Graduação em Engenharia Química também pela UNICAP. Técnica em Química Industrial pelo Instituto Federal de Pernambuco - IFPE,

INGRID MOREIRA REIS

Formação: Graduação em andamento em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia ênfase mecânica, pela Universidade Federal do Pará e Técnico em Secretariado pelo Instituto Federal do Amapá

(2013). Formação complementar: Curso de Gestão financeira - SEBRAE e Empreendedorismo - SEBRAE. Áreas de atuação: Mecânica, administração e compósitos. Experiência profissional: Estagiaria no Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) - (2016) e na Universidade Federal do Pará (2019).

ISABELA NATÁLIA DA SILVA FERREIRA

Graduação em engenharia química pela Universidade Católica de Pernambuco (2017.2), Mestra em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela mesma instituição (2019.1). Atualmente, doutoranda em biotecnologia pela Rede Nordeste de Biotecnologia (Renorbio), vinculada como bolsista da FACEPE.

ÍISIS RIBEIRO DO NASCIMENTO

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Amazonas. Membro do Grupo de Pesquisa em Interação Atmosfera Biosfera na Amazônia com pesquisa na área de Recursos Hídricos.

JANE LUCHTENBERG VIEIRA

Graduada em Engenharia Civil pela Fundação Armando Álvares Penteado (1986) e Mestrado em Habitação: Planejamento, Gestão e Projeto no IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005). Atualmente é docente de ensino superior nos cursos de engenharia da Universidade Anhembi Morumbi, nas disciplinas de Desenho Técnico e Expressão Gráfica de Projetos, e também atua como Coordenadora Adjunta do Curso de Engenharia de Produção.

JAQUELINE DOS SANTOS MARINHO

Graduação em Engenharia Ambiental - UNINASSAU, Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco vinculada como Bolsista CAPES, com atividades de pesquisa na linha da Biotecnologia.

JOVER MENDES DE OLIVEIRA NEGRÃO

Mestrando do Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2018-2020 (PPGDT-UFRRJ), linha de desenvolvimento e políticas públicas. Graduado no Curso de Graduação em Administração Pública pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

JULIANE KAYSE ALBUQUERQUE DA SILVA QUERINO

Doutora em Física Ambiental (2017) pelo programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal do Mato Grosso-UFMT. Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Alagoas (2003), onde trabalhou com os dados de radiação solar do projeto LBA. Em junho de 2006 concluiu o curso de mestrado em meteorologia, também pela Universidade Federal de Alagoas - UFAL. Possui doutorado em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

JUNILHA LOPES TRIGUEIRO

Graduanda de Engenharia Florestal na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

KHALLIANE SOUSA ARAUJO

Arquiteta e Urbanista formada pela Faculdade Faci Wyden. O objetivo é contribuir na área de formação em busca de uma sociedade mais sustentável e de valor agregado ao urbanismo de cidades inteligentes.

LAMOUNIER ERTHAL VILLELA

Pós-doutor em Administração Pública - EBAPE/FGV, 2011, Doutor em Economia Aplicada pela Université Paris III (Sorbonne Nouvelle), 1999, Mestre em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ, DEA pela Université de Grenoble II. Professor Associado do Departamento de Economia do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA, Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Políticas Públicas- PPGDT e Professor permanente do Doutorado em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária - PPGCTIA da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ.

LEONARDO AMADOR CRUZ

Acadêmico de Engenharia Florestal na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ/ Unidade Sede - Seropédica) (2017-atual). Formado no curso Técnico Integrado ao Ensino Médio de Controle Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ/ Campus Nilópolis) (2012-2016), tendo realizado estágio em indústria química na área de Meio Ambiente. Atualmente atua em projetos de iniciação científica no Laboratório de Lignocelulose relacionado ao Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da UFRRJ.

LEONARDO FERNANDES CAMELO

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Castelo Branco (2018). Participei em âmbito acadêmico do projeto voltado para a área de ecotoxicologia aquática (2014). Estagiei auxiliando no ensino e no desenvolvimento de crianças com autismo, utilizando a biologia nesse processo (2015). Em outra oportunidade de estágio, atuei no setor de qualidade da empresa, organizando planos de ações para elaboração dos serviços prestados aos clientes, elaborava planilhas de avaliações, emitia relatórios de controle, participava das reuniões empresariais, auxiliava no treinamento e na avaliação dos funcionários, realizava inspeções nos clientes e mantinha contato diretamente com as empresas que recebiam os nossos serviços (2017). Atuei na Sapo - Saneamento Ambiental Projetos e Operações, como vendedor de serviços para controle de pragas, realizando a captação de novos clientes, executando visitas técnicas para analisar e transferir as informações necessárias para a execução dos serviços (2019). Atualmente estou no Escritório Nativa Rural, atuando como Biólogo organizando processos Ambientais, tais como, Licenciamento, Georreferenciamento, Emissão de documentos para atividades ambientais (2019).

LILIANE MOREIRA NERY

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade de Sorocaba. Formada em Técnico de Meio Ambiente pela ETEC Professor Edson Galvão. Atualmente é técnica ambiental na BRF S.A. Tem experiência na área de licenciamento ambiental, sistema de gestão ambiental e gestão de outorgas.

LUCAS CARVALHO LISBOA

Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Faci-Devry. Pós graduado em Arquitetura, Construção e Gestão de Edificações Sustentáveis - Unyleya. Pesquisador com ênfase em construção sustentável. Atuante em projetos e obras de Shopping Center

LÚCIA HELENA XAVIER

Pesquisadora no Centro de Tecnologia Mineral, onde atua na área de sustentabilidade, economia circular e mineração urbana. Autora e co-autora de livros e artigos científicos na área. Atua em colaboração com a Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LUCIENE MENDES DA SILVA

Possui graduação em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Feira de Santana (2009); Mestrado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

(2012) e Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho" (2019). Realizou pesquisa de Doutorado na Universidade do Porto, Faculdade de Farmácia (2016). Possui experiência em ensino médio, técnico profissionalizante e ensino superior. Atualmente é Professora substituta na Universidade Federal da Bahia e atua na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos.

LUÍS ALBERTO FIGUEIREDO DE SOUSA

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista (1984). Pós-graduado em Administração Industrial com ênfase em qualidade pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini. Mestrado incompleto (até qualificação) na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Docente na Universidade Anhembi Morumbi na área de Engenharia de Produção.

LUIZ RODOLFO REIS COSTA

Especialista nas áreas de Georreferenciamento de Imóveis Rurais, Geografia e Meio Ambiente, graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, tendo além disso, habilidades e competências no âmbito das áreas de organização de banco de dados geográficos, conhecimentos para a execução de atividades relacionadas a planejamento, gestão ambiental, processamento Digital de Imagens (PDI), operação obtenção e manipulação de dados por Sistema de Posicionamento Global (GPS) em campo e gabinete, bem como conhecimentos na área de topografia e operações com estação total e robótica, Cartografia, geoestatística aplicada as ciências ambientais e florestais, ampla experiência acerca de licenciamento ambiental rural e expertises em expressão gráfica, desenho técnico assim como Inventário Florestal.

MAGDA VIANA CAMPOS RIBEIRO

Graduanda em Engenharia Ambiental pela Universidade de Sorocaba. Formada em Técnico em Meio Ambiente e monitora em educação ambiental pelo SENAC de Sorocaba. Atualmente é analista ambiental no Clube de Campo Pró-Vida de Araçoiaba da Serra. Tem experiência em Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001, relatórios de atendimento às condicionantes, PGRS, PGRSS, PGRSSA e gestão de compostagem de resíduos orgânicos.

MARIANA NEVES CRUZ MELLO

Possui graduação em geografia pela Universidade Federal do Pará (2010), mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Pará (2013) e doutorado em Ecologia Aquática e Pesca pela Universidade Federal do Pará (2017). Atualmente é professora de geografia da Universidade do Estado do Pará, especialista ecóloga - Agroflora Projetos e Consultoria LTDA, professora de met. do trabalho científico - DNA Centro Educacional Profissional e assistente ambiental - Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Humana (Texto informado pelo autor)

MÔNICA DE SOUZA

Graduanda em Engenharia Ambiental e graduada em Gestão Ambiental pela Universidade de Sorocaba - Uniso. Atualmente é técnica em segurança do trabalho da Companhia Brasileira de Alumínio. Tem experiência na área de SGI (SGSST, SGA e SGQ).

MONICK ELLEN ALVES DE MELO

Graduanda em Ciências biológicas pela Universidade de Pernambuco, com experiência em artes digitais (games, edição foto e vídeo, animação). Já atuou em cooperativas de catadores e em projetos de Iniciação Científica Júnior em Recife, onde possui outras publicações sobre os temas.

NEURA MENDES DA SILVA

Possui Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (2016) e Técnico em Segurança do Trabalho pelo Centro de Educação Tecnológica do Estado da Bahia. Possui experiência na área de tecnologias ambientais com ênfase em biosseparação, e manejo de solo.

NILTON LOUVEM DA SILVA JÚNIOR

Atual graduando em Engenharia Florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Possui graduação em Administração pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (2014). Realizou Iniciações Científicas na área de Biorrefinaria no Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Tem experiência na área de Engenharia de Energia, com ênfase em Biorrefinaria.

PATRICIA SANTOS FRAIHA

Arquiteta e Urbanista formada pela faculdade FACY Wyden. Objetivo é ter a oportunidade de contribuir com a sociedade de forma responsável pensando no hoje e amanhã.

PATRICK GOMES DE OLIVEIRA

Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e integrante de equipe do projeto "Tecnologia social para associação de turismo no âmbito do desenvolvimento territorial rural comunitário, solidário e sustentável".

PAULO ANDRÉ DA SILVA MARTINS

Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências Ambientais ambos pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2014) e (2019) respectivamente. Membro do grupo de Pesquisa Interação Biosfera atmosfera na Amazônia - GPIBA. Atua nas áreas de Engenharia e Geociências, onde desenvolve pesquisas com variáveis meteorológicas: Radiação Solar, Temperatura do ar, Umidade relativa, Coeficiente de Transitividade. Em Agrometeorologia trabalha com Balanço Hídrico e Classificação Climática.

RAFAEL ELOY DE SOUZA

Pós-graduando em Ciências Ambientais e Florestais (PPGCAF/UFRRJ). Pesquisa na área de utilização da lignina kraft (subproduto do processo de polpação kraft) para síntese de produtos à base da lignina kraft. Engenheiro Florestal, formado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (dez/2017), estágio e intercâmbio pelo programa Ciência sem Fronteiras (CsF) no Fleming College, Canadá, com foco em desenvolvimento de práticas florestais (silvicultura, manejo florestal, colheita) e habilidades de trabalho em equipe.

REGINALDO SABOIA DE PAIVA

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (1988), graduação em Matemática pela Universidade Federal do Pará (1999), mestrado em Engenharia Metalúrgica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1992) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2003). Atualmente é Professor Associado III da Universidade Federal do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos Industriais de Engenharia Química, atuando principalmente nos seguintes temas: Extração Minerometalúrgica, Energia Alternativa Aplicada, Eletromagnetismo aplicado a Secagem, Tratamento de Minérios e Meio Ambiente.

RENAN ANGRIZANI DE OLIVEIRA

Possui Graduação em Gestão Ambiental e Engenharia Ambiental, Mestrado Profissional em Processos Tecnológicos e Ambientais pela Universidade de Sorocaba e Doutorado em Ciências Ambientais em andamento na Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Atualmente é docente e técnico do laboratório de fenômenos de transportes, operações unitárias e hidráulica aplicada na Universidade de Sorocaba. Possui experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Engenharia Ambiental.

RUAN MAIA VINENTE

Acadêmico do 10º semestre do curso de Arquitetura e Urbanismo pela Faculdade Faci | Wyden, estagiário no departamento de Arquitetura e Engenharia da Fundação Pública Estadual Hospital de Clínicas Gaspar Vianna - FHCGV. O objetivo é contribuir para projetos mais humanizados e que traga bem-estar para os usuários.

SALOMÃO PERES ELGRABLY

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará(1968), graduação em Formação de Professores - Esquema I pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro(1976), mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará(2009), ensino-fundamental-primeiro-graupelo Colégio Abrahan Levy(1959), ensino-fundamental-primeiro-graupelo Grupo Escolar Barão do Rio Branco(1955) e ensino-medio-segundo-graupelo Colégio Abrahan Levy(1962). Atualmente é Professor Adjunto 4 da Universidade Federal do Pará, Professor da Faculdade Ideal e Conselheiro Titular do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - Pará. Tem experiência na área de Engenharia Civil.

SARA ANGÉLICA SANTOS DE SOUZA

Graduanda do curso de Engenharia Ambiental pelo Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas - IEAA/UFAM. Atualmente integrante do Grupo de Pesquisa Interação Biosfera e Atmosfera - GPIBA, desenvolvendo pesquisas correlacionando as anomalias climáticas causadas pelos fenômenos El Niño e La Niña.

THAIS GLEICE MARTINS BRAGA

Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2014), mestrado em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (2017) e Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede BIONORTE pela Universidade Federal do Pará (2019). Atualmente é docente da UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA, Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Ecologia da paisagem, climatologia e meteorologia, atuando principalmente nos seguintes temas: biodiversidade e biotecnologia, impacto ambiental, engenharia ambiental, geotecnologias, climatologia, recursos naturais renováveis e não renováveis, licenciamento ambiental.

THAYSE ALVES DE LIMA E SILVA

Graduação em ciências biológicas UNICAP. Especialização em biologia de fungos – UFPE. Mestrado em Engenharia Química UNICAMP. Doutorado em Engenharia Química UNICAMP. Pós-doutorado em desenvolvimento de processos ambientais - UNICAP

UIARA MARIA DE BARROS LIRA LINS

Graduação em Farmácia pela Faculdade Maurício de Nassau, Pós-Graduação Lato Sensu em Farmácia Hospitalar e Clínica pela UNINTER (2012). Atualmente, Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco vinculada como Bolsista CAPES, com atividades de pesquisa na linha da Biotecnologia.

ULISSES ALBERTO RODRIGUES DA SILVA

Possuo Graduação em (Química) , Mestrado (Química Pura e Aplicada) pela UNEB. Doutor em Biocombustíveis pela na (UFU). Na área profissional tenho experiência como professor no ensino superior na área de química, nas modalidades presencial e na educação a distância, bem como no ensino técnico e ensino médio, também atuo na área de formação continuada para professores e cursos de especialização para professores. Tenho experiência na química de materiais com destaque na área de síntese de catalisadores e/ou suportes catalíticos com destaque para os temas: síntese do óxido de zircônia, método sol-gel, método pechini e método precipitação. Uma nova frente de pesquisa tem sido a catalise heterogênea com destaque para as reações de esterificação, Water gas Shift e Fischer-Tropsch.

VANESSA CEZAR SIMONETTI

Doutoranda em Ciências Ambientais pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp. Possui mestrado em Ciências Ambientais pela Unesp. É graduada em Engenharia Ambiental (2015) e Gestão Ambiental (2011) pela Universidade de Sorocaba. Atualmente é professora assistente e técnica do Laboratório de Física da Universidade de Sorocaba. Tem experiência na área de Ciências Ambientais, com ênfase em Engenharia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: geoprocessamento, monitoramento ambiental, qualidade da água, manejo e conservação dos solos.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7042-203-3

9 788570 422033