ARTIGO ORIGINAL

Avaliação genética em sementes de *Stryphnodendron pulcherrimum* sob diferentes níveis de temperatura

Genetic characterization of Stryphnodendron pulcherrimum seeds under different temperature levels

Ivinne Nara Lobato dos Santos¹ , Maria Teresa Gomes Lopes¹ , Mágnio Sávio Ferreira Valente² ,
Manuel de Jesus Vieira Lima Júnior¹ , Therezinha de Jesus Pinto Fraxe¹

¹Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, AM, Brasil

²Instituto Federal do Amazonas – IFAM, Presidente Figueiredo, AM, Brasil

Como citar: Santos, I. N. L., Lopes, M. T. G., Valente, M. S. F., Lima Júnior, M. J. V., & Fraxe, T. J. P. (2020). Avaliação genética em sementes de *Stryphnodendron pulcherrimum* sob diferentes níveis de temperatura. *Scientia Forestalis*, 48(125), e3092. <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.06>

Resumo

Os objetivos deste trabalho foram estimar parâmetros genéticos em caracteres de sementes de *Stryphnodendron pulcherrimum* sob diferentes temperaturas e indicar matrizes superiores para a produção de mudas, a fim de subsidiar estratégias para a domesticação e melhoramento da espécie. Foram coletadas sementes de 21 matrizes da espécie *S. pulcherrimum* originárias do município de Apuí, Amazonas. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes. Os testes de germinação foram conduzidos em temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com avaliação diária durante 20 dias. Foram realizadas análises de variância individual e conjunta e estimados parâmetros genéticos e ganho de seleção para a porcentagem de germinação, tempo médio de germinação e os índices de sincronização e de velocidade de germinação. A análise biométrica das sementes também foi considerada. A presença de variabilidade genética e altos valores de herdabilidade e acurácia seletiva (> 69%) para todos os caracteres de germinação sugerem que o valor fenotípico pode fornecer uma medida confiável para seleção de genótipos superiores. A maior porcentagem de germinação foi obtida em temperatura de 25 °C (92%), havendo decréscimo de sementes geminadas e tempo médio de germinação com o aumento da temperatura. Correlações significativas entre os caracteres e no sentido favorável a seleção torna o processo seletivo mais simples, com as progênies 11, 14 e 15 apresentando boas características de germinação para condições de temperaturas mais amenas e elevadas, sendo indicadas para programas de conservação, melhoramento e produção de mudas da espécie.

Palavras-chave: Barbatimão; Teste de progênie; Germinação; Ganho de seleção; Parâmetros genéticos.

Abstract

The aims of this work were to estimate genetic parameters in *Stryphnodendron pulcherrimum* seeds under different temperatures and to indicate superior matrices for the production of seedlings, in order to subsidiary strategies for the domestication and breeding of the species. Seeds were collected from 21 matrices of *S. pulcherrimum* species from the city of Apuí, Amazonas. The experiment was completely randomized, with four replications of 25 seeds. The germination test was conducted at temperatures of 25, 30 and 35 °C, during 20 days. Individual and joint analysis of variance was carried out and the genetic parameters and selection gains estimated for the following characters: percentage of germination, mean germination time, and the synchronization and germination speed indexes.

Fonte de financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Concessão de bolsa de estudo (Processo: 133403/2017-3).

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: magnosavio@yahoo.com.br

Recebido em: 1 outubro 2018.

Aceito em: 7 maio 2019.

Editor: Francides Gomes da Silva Júnior.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Biometric analysis of the seeds was also considered. The presence of genetic variability and high heritability values and selective accuracy (> 69%) for all germination traits suggest that the phenotypic value may provide a reliable measure for the selection of superior genotypes. The highest percentage of germination was obtained at the temperature of 25 °C (92%), with decreasing germinated seeds and mean germination time with increasing temperature. Significant correlations favorable for selection among the characters make the selection process simpler, with progenies 11, 14 and 15 presenting good germination for milder and higher temperature conditions, being indicated for conservation programs, breeding and seedling production of the species.

Keywords: Barbatimão; Progeny test; Germination; Selection gain; Genetic parameters.

INTRODUÇÃO

Stryphnodendron pulcherrimum (Wild.) Hochr. é uma espécie pertencente à família Fabaceae, sendo conhecida popularmente como barbatimão, paricazinho, paricarana, jubarbatimão, juarana-branca e caubi. A espécie é normalmente encontrada na Amazônia e no sul da Bahia nas florestas Amazônica e Atlântica. Também está presente nas Guianas, Venezuela e Colômbia (Lorenzi, 1992; Silva et al., 2015).

De acordo com Lorenzi (1992), é uma espécie pioneira que ocorre preferencialmente em florestas secundárias, sendo recomendada para reflorestamento ecológico. Sua madeira é moderadamente resistente e tem sido empregada na fabricação de compensados, paletes, lenha e carvão (Pereira et al, 2016). Além disso, é utilizada com sucesso como ornamental e na apicultura (Monteiro & Ramalho, 2010). Pesquisas ainda relatam a atividade antibacteriana de extratos da planta contra patógenos orais (Castilho et al., 2013) e como boa fonte de antioxidantes (Lins Neto et al., 2016). Também é grande o número de trabalhos em espécies do gênero que relatam o uso da casca do caule para cicatrização de feridas e no tratamento de doenças infecciosas e de distúrbios inflamatórios (Souza-Moreira et al., 2018)

S. pulcherrimum produz anualmente grande quantidade de sementes e possui importância para recuperação de áreas degradadas, no entanto, existe dificuldade de obtenção de mudas devido à presença de dormência tegumentar e germinação desuniforme (Pereira et al, 2016). Tomaz et al. (2018) citam que diversas espécies florestais nativas têm evitado o desaparecimento através de programas de reflorestamento, mas que esta atividade tem sido limitada por dificuldades na produção de mudas, em especial pela falta de informações básicas sobre condições ideais de germinação de sementes.

No gênero *Stryphnodendron*, que apresenta semente dura, estudos mostram que a impermeabilidade do tegumento à água pode ser superada com mecanismos de escarificação mecânica ou ácida das sementes (Lemus Filho et al., 1997; Pereira et al, 2016). Todavia, a germinação desuniforme ainda é um problema limitante para produção de mudas em *S. pulcherrimum*, necessitando de maiores informações do processo germinativo sob diferentes condições de cultivo.

Dentre os diversos fatores que afetam diretamente a germinação de sementes, a temperatura está entre os de maior influência (Carvalho & Nakagawa, 2012). Para espécies florestais amazônicas, normalmente as temperaturas ótimas de germinação são um pouco mais elevadas quando comparadas com as outras regiões do Brasil, uma vez que a região amazônica apresenta clima mais quente na época propícia para a germinação natural.

Neste cenário, muito tem se discutido sobre mudanças climáticas globais e quais os efeitos que estas poderão causar na humanidade e nos ecossistemas em geral, mas poucos são os estudos que visam antecipar estas mudanças, a exemplo de aumentos nas temperaturas médias, e tentar evitar danos irreversíveis aos ecossistemas. Diante deste fato, faz-se necessário verificar qual seria o efeito de temperaturas elevadas na germinação de sementes de *S. pulcherrimum*, sendo também importante a identificação de matrizes superiores para tais condições ambientais.

Informações a respeito da variabilidade genética de populações naturais e a caracterização dos padrões de herança de caracteres de germinação da espécie devem ser priorizadas para que seja possível definir critérios de seleção e recombinação genética com vistas à produção de materiais elites (Cruz et al., 2014). Desta forma, caracteres como germinação rápida e uniforme são características desejáveis na formação de mudas para o

estabelecimento de plantios e estas devem estar presentes em genótipos superiores da espécie.

Adicionalmente, a estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies, como herdabilidade, correlações entre caracteres e ganhos com a seleção, possibilitam a escolha de métodos e caracteres utilizados nas etapas iniciais e avançadas de programas de melhoramento, permitindo ainda, estudar mecanismos, valores genéticos e variabilidade de um caráter (Cruz et al., 2014). Estudos desta natureza em caracteres de germinação podem ser observados em outras espécies florestais amazônicas (Nascimento Júnior et al., 2016; Tomaz et al., 2018), porém em *S. pulcherrimum* estes dados são ainda inexistentes e facilitariam a obtenção de mudas e forneceriam diretrizes para a seleção de matrizes superiores para compor lotes de sementes. Além do que possibilita auxiliar na domesticação e conservação de seu germoplasma (Santos et al., 2014).

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram estimar parâmetros genéticos em caracteres de sementes de *S. pulcherrimum* sob diferentes temperaturas e indicar matrizes superiores para a produção de mudas, a fim de subsidiar estratégias para a domesticação e melhoramento da espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

O material genético utilizado para este estudo foi obtido a partir de uma população nativa de *S. pulcherrimum* localizada no município de Apuí no estado do Amazonas. Foram identificadas 21 matrizes de polinização aberta, sendo coletados no mínimo 150 frutos de cada indivíduo respeitando-se uma distância mínima de 100 m entre plantas. Os frutos coletados receberam identificação com a mesma numeração da matriz de origem e, após beneficiamento, as sementes passaram por secagem natural com posterior armazenamento em sacos plásticos selados e acondicionamento em câmara fria a 18 °C até o início do experimento.

Os testes de germinação das sementes foram realizados em câmaras tipo BOD em temperaturas (ambientes) de 25, 30 e 35 °C. A variação da temperatura não foi superior a 2 °C em um período de 24 horas, segundo recomendações de Brasil (2013). O fotoperíodo de doze horas por dia correspondeu ao período luminoso à temperatura mais elevada, em germinador de câmara, com lâmpadas fluorescentes de 20W. A semeadura foi realizada em papel de germinação tipo germitest.

Devido a um mecanismo de dormência comum no gênero *Stryphnodendron*, como exemplo da impermeabilidade do tegumento à água, foi adotado um tratamento pré-germinativo com uso da escarificação mecânica segundo Lemus Filho et al. (1997).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes, totalizando 100 sementes por matriz. Todos os indivíduos foram avaliados diariamente durante 20 dias.

As sementes de *S. pulcherrimum* foram avaliadas a partir dos caracteres: a) Porcentagem de germinação (PG) - considerou-se germinadas as sementes que emitiram raiz primária, com o seu valor correspondendo à porcentagem de sementes germinadas até o término do experimento no 20º dia após semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (Brasil, 2009); b) Tempo Médio de germinação (TMG) - obtido por meio de contagens diárias das sementes germinadas até o fim do experimento e calculado através da fórmula $TMG = \sum n_i t_i / \sum n_i$, em que, n_i é o número de sementes germinadas no intervalo de cada contagem e t_i é o número de dias da semeadura e a i -ésima contagem, sendo os resultados expressos em dias; c) Índice de sincronização de germinação (ISG) - foi determinado segundo a formula $ISG = -\sum f_i \log f_i$, onde f_i é a frequência relativa de germinação e; d) Índice de Velocidade de Germinação (IVG) - calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia (n_i), dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação (t_i), dado pela fórmula $IVG = \sum n_i t_i$.

Caracteres biométricos das sementes também foram considerados. Para tal, com o auxílio de um paquímetro, trinta sementes de cada matriz foram mensuradas com base no

seu comprimento (mm), largura (mm) e espessura (mm). O peso úmido das sementes foi obtido em balança de precisão (0,001g) e o teor de água determinado pelo método de estufa regulada a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (Brasil, 2009).

Os dados obtidos para os caracteres de germinação foram submetidos ao teste de normalidade (teste de Lilliefors) para verificar a necessidade de transformação dos mesmos. Posteriormente, o teste de Cochran foi realizado para confirmar ou não a homogeneidade de variância e a necessidade de ajuste dos graus de liberdade, permitindo a análise conjunta dos dados nas três temperaturas (ambientes) de avaliação.

Os parâmetros genéticos estimados foram a herdabilidade com base na média de progênes, a acurácia seletiva, o coeficiente de variação genético, o coeficiente de variação experimental e a razão entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação ambiental, conforme Cruz et al. (2014). Adicionalmente, foram estimadas as correlações fenotípicas e genotípicas para todos os caracteres de germinação. Foram selecionadas as melhores progênes com base na seleção direta e a partir do índice de seleção de Mulamba & Mock (1978), com mesmo peso econômico para todos os caracteres. A pressão de seleção utilizada foi de 33,33%.

Para os caracteres biométricos de sementes foi estimado o coeficiente de repetibilidade com base em componentes principais e matriz de variâncias e covariâncias fenotípicas, além do número mínimo de medições necessário para prever o valor real dos genótipos com base em um coeficiente de determinação de 80%, conforme descrito em Valente et al. (2017).

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Genes (Cruz, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de sementes germinadas foi decrescendo com o aumento da temperatura, indo de 92,85% no ambiente de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ à 72,90% para o ambiente de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 1). Estes valores foram superiores aos obtidos por Silva et al. (2015) avaliando mesma espécie, da qual os autores realizando a quebra de dormência das sementes com ácido sulfúrico, observaram uma porcentagem de germinação de 65 e 55% nas avaliações em temperaturas de 25 e $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Figura 1. Porcentagem média de germinação (A) e frequência relativa de germinação (B) de 21 progênes de *S. pulcherrimum* submetidas às temperaturas de 25, 30 e $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Na Figura 1 é possível observar que o início de germinação se deu entre o segundo e terceiro dia após a semeadura e, neste caso, o aumento da temperatura conduziu a um menor tempo médio de germinação. Em geral, baixas temperaturas proporcionam germinação mais lenta em espécies tropicais pois o processo germinativo envolve enzimas cuja atividade máxima é geralmente acima de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Carvalho & Nakagawa, 2012), sendo comum na família Fabaceae a germinação iniciar no intervalo de 2 a 15 dias após o plantio. Em *Stryphnodendron adstringens* as temperaturas ótimas de germinação ficam entre

25 e 35 °C, com alguns trabalhos apresentando o percentual de sementes germinadas próximo a 86% após quebra de dormência por ácido sulfúrico (Martins et al., 2008) e de 88% com o uso de escarificação mecânica (Freitas et al., 2013).

O período para formação de plântulas de *S. pulcherrimum* iniciou-se no 6º dia após início do experimento, em temperatura de 35 °C e, um pouco mais tardia, a partir do 10º dia, para as temperaturas de 25 e 30 °C (Figura 1). Resultados semelhantes aos obtidos por Pereira et al. (2016) para a mesma espécie, onde a emergência de plântulas iniciou entre o 6º e 9º dias após semeadura.

Sementes de *S. pulcherrimum* apresentaram um teor de água médio de 4,64%, sugerindo tolerância ao dessecamento. Com base no resultado do estudo, o comportamento das sementes da espécie apresenta característica ortodoxa. No entanto, há necessidade de estudos relacionados a viabilidade das sementes para validar esta classificação.

De acordo com o teste de Lilliefors, os dados (resíduos) para porcentagem de germinação não apresentaram normalidade e, deste modo, foram transformados em $\arcseno\sqrt{x/100}$, com x correspondendo à porcentagem de sementes germinadas.

Nas análises de variância individual observou-se efeito significativo ($P < 0,01$ ou $P < 0,05$) dos genótipos nas três temperaturas avaliadas, demonstrando que as progêneses possuem variabilidade genética para todos os caracteres de germinação (Tabela 1). A temperatura de 25 °C conduziu a maior porcentagem de germinação, estando de acordo com a recomendação de Rodrigues et al. (2008) para a maioria das espécies florestais tropicais, cuja temperatura constante de 25 °C encontra-se na faixa ótima para germinação. Em estudo realizado por Lima Júnior (2016) no Centro de Sementes Nativas da Amazônia (CSNAM), a fim de verificar a temperatura ideal de germinação para 50 espécies florestais e subtropicais consideradas prioritárias, observou que as temperaturas constantes de 25 °C e 30 °C foram as ideais para 58% e 32% das espécies estudadas, respectivamente.

Tabela 1. Quadrado médio de genótipos (QMG) e parâmetros genéticos para a porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), índice de sincronização de germinação (ISG) e índice de velocidade de germinação (IVG), avaliados em sementes de *S. pulcherrimum* em ambientes de 25, 30 e 35 °C.

Caracteres	Ambientes	QMG	Média Geral ¹	Parâmetros Genéticos ²				
				h_{pm}^2	Acc	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_r
PG	25 °C	0,0472**	1,4396 (92,85)	0,5744	0,7579	6,1001	10,5007	0,5809
	30 °C	0,1042**	1,1966 (83,90)	0,8162	0,9034	12,1876	11,5671	1,0536
	35 °C	0,1038**	1,0433 (72,90)	0,8180	0,9044	13,9648	13,1750	1,0599
TMG	25 °C	1,9339**	4,7925	0,7775	0,8818	12,7935	13,6872	0,9347
	30 °C	0,2580*	3,2253	0,4756	0,6896	5,4309	11,4053	0,4762
	35 °C	0,2000**	2,5315	0,7994	0,8941	7,8980	7,9128	0,9981
ISG	25 °C	1,9689**	0,7091	0,9714	0,9856	97,5168	33,4449	2,9157
	30 °C	0,2862**	0,3322	0,5860	0,7655	61,6458	103,6305	0,5949
	35 °C	0,2021**	0,7501	0,7327	0,8560	25,6520	30,9904	0,8277
IVG	25 °C	8,0901**	5,597	0,8587	0,9267	23,5458	19,1009	1,2327
	30 °C	4,5479**	6,7379	0,8440	0,9187	14,5387	12,5010	1,1630
	35 °C	12,7426**	7,5664	0,8796	0,9379	22,1230	16,3714	1,3513

**; * $p < 0,01$, $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F. ¹Média dos dados de PG transformados (arcseno da raiz de $x/100$) e original em porcentagem; ² h_{pm}^2 = herdabilidade da média de progêneses; Acc = acurácia da seleção de progêneses; CV_g = coeficiente de variação genotípica entre progêneses; CV_e = coeficiente de variação experimental; $CV_r = CV_g / CV_e$: coeficiente de variação relativa.

Durante as avaliações todas as sementes que não germinaram nas temperaturas de 30 e 35 °C apresentaram-se totalmente deterioradas por fungos (*Aspergillus* e *Rhizopus*). Estas sementes tiveram um processo de deterioração acelerado, com maior destaque para a temperatura de 35 °C, com lixiviação do conteúdo celular, criando um ambiente propício para o desenvolvimento de micro-organismos, o que ajuda a justificar a menor germinação nestas temperaturas.

O índice de velocidade de germinação foi menor para o ambiente de 25 °C, apresentando o valor médio de 5,59 e tempo médio de germinação de 4,79 (dias). Já o ambiente de 35 °C apresentou o maior IVG (7,56) e menor TMG (2,53 dias). Tomaz et al. (2018), em estudo com *Ormosia excelsa* (Fabaceae), também verificaram uma maior precocidade e velocidade de germinação com o aumento da temperatura (de 4 a 8 dias para 30 °C e entre 2 a 7 dias para 35 °C).

Em relação ao índice de sincronização de germinação, foi observado que o ambiente de 30 °C apresentou o valor mais favorável (0,3322), estando de acordo com o postulado por Rickli et al. (2014) que indica quanto mais próximo de zero maior é a sincronia na germinação.

Duarte et al. (2015) usando o substrato de papel, aliado à temperatura de 30 °C, concluíram que esta era a combinação mais eficiente para a sincronização da germinação de sementes de *Albizia edwallii* (Fabaceae), fato também observado por Rickli et al. (2014) e Tomaz et al. (2018) em sementes de *Vochysia bifalcata* e *Ormosia excelsa*, respectivamente. Pode-se inferir que na temperatura de 30 °C a amostra de semente é “acionada” para germinar menos vezes do que nas temperaturas de 25 e 35 °C, promovendo assim a maior sincronia, já que uma única semente germinada em um dia pode afetar a sincronia de germinação em toda uma amostra (Santana & Ranal, 2000).

Devido à ampla variabilidade existente entre as progênes estudadas, aliado ao bom controle ambiental praticado, foram obtidos de médios a altos coeficientes de herdabilidade com base na média das progênes para todos os caracteres (Tabela 1). Os valores oscilaram entre 57,44 e 97,14% para o ambiente de 25 °C, entre 47,56 e 84,39% para o ambiente a 30 °C e entre 73,26 e 87,95% para 35 °C. Estes resultados apresentam-se como condição favorável à seleção, existindo a possibilidade de ganhos expressivos no processo de produção de mudas da espécie.

Nas fases iniciais e intermediárias de um programa de melhoramento é preferível que se tenha valores de acurácia próximos ou superiores a 70% (Resende, 2007). Portanto, os valores de acurácia obtidos neste trabalho (variando de 69% a 98%) são promissores. Os ambientes com temperaturas de 25 e 35 °C foram os de maior destaque, apresentando os valores mais elevados de herdabilidade e acurácia, além da razão entre CVg/CVe terem sido, em sua maioria, próximos ou superiores a unidade nestes ambientes, situação considerada ideal a seleção.

Com base na análise de variância conjunta dos ambientes (Tabela 2), verificou-se que a germinação média das sementes foi de 83,21% com tempo médio de germinação de 3,51 dias, havendo diferença estatística nos três ambientes. Além disso, a interação genótipo e ambiente foi significativa para todos os caracteres avaliados, revelando que as temperaturas utilizadas influenciaram diferentemente na expressão destes. Diante desse cenário, as inferências sobre os genótipos foram efetuadas individualmente para cada ambiente (temperatura).

Tabela 2. Quadrados médios de genótipo (QMG), de ambiente (QMA) e da interação Genótipo e Ambiente (QMGA) e parâmetros genéticos para a porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), índice de sincronização de germinação (ISG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *S. pulcherrimum*, estimados a partir da análise conjunta dos ambientes de 25, 30 e 35 °C.

Caracteres	QMG	QMA	QMGA	Média Geral ¹	Parâmetros Genéticos ²				
					h_{pm}^2	Acc	CV_g (%)	CV_e (%)	CV_r
PG	0,1467**	1,9698**	0,0542**	1,1965 (83,21)	0,6301	0,7938	7,3359	11,6345	0,6305
TMG	0,9591 ^{ns}	112,6854**	0,9882**	3,5164	0,0000	0,0000	0,0000	17,3094	0,0000
ISG	1,0800 ^{ns}	4,4580**	0,6887**	0,5971	0,3623	0,6019	30,2383	46,2476	0,6538
IVG	12,8873*	82,1320**	6,2467**	6,6338	0,5153	0,7178	11,2137	16,0169	0,7001

^{ns}; **, * não significativo, $p < 0,01$, $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F. ¹Média dos dados de PG transformados (arcoseno da raiz de $x/100$) e original em porcentagem; ² h_{pm}^2 = herdabilidade da média de progênies; Acc = acurácia da seleção de progênies; CV_g = coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e = coeficiente de variação experimental; $CV_r = CV_g / CV_e$: coeficiente de variação relativa.

A porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação foram os únicos caracteres que apresentaram variabilidade genética significativa entre os genótipos, sendo as estimativas de herdabilidade na análise conjunta em sua maioria inferiores às obtidas nas análises individuais. Inclusive a herdabilidade para TMG foi nula na análise conjunta, o que segundo Tomaz et al. (2018) pode ser explicado pelas condições satisfatórias dos ambientes testados, já que todos os genótipos apresentaram médias fenotípicas próximas e elevadas, além de reduzida variância ambiental, o que neste caso resultou na nulidade do valor de variância genotípica.

Com relação a associação entre os caracteres de germinação, o conhecimento da magnitude e sentido da alteração num caráter quando o outro correlacionado está sob seleção está representado na Tabela 3. Os maiores valores de correlação genética foram estimados no ambiente a 30 °C, entre os caracteres PG e ISG ($r=-0,997$), seguido de PG e TMG ($r=-0,996$) e TMG e IVG ($r=-0,996$). Neste caso, as correlações negativas apontam para uma situação benéfica, uma vez que há tendência de aumento da porcentagem de germinação com a diminuição do tempo médio de germinação e o aumento da porcentagem de germinação em sementes com maior sincronismo, além de menor tempo médio de germinação associado a uma maior velocidade de germinação. Este fato torna o processo seletivo mais simples, não necessitando de adoções de restrições na seleção para obtenção de ganhos no sentido desejado (Nascimento Júnior et al., 2016).

Tabela 3. Correlações fenotípicas (rF) e genotípicas (rG) entre a porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), índice de sincronização de germinação (ISG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *S. pulcherrimum*, avaliadas em ambientes de 25, 30 e 35 °C.

Caracteres	r	Ambiente de 25 °C			Ambiente de 30 °C			Ambiente de 35 °C		
		TMG	ISG	IVG	TMG	ISG	IVG	TMG	ISG	IVG
PG	F	0,068	-0,633**	-0,075	-0,712**	-0,740**	0,966**	-0,518*	0,237	0,933**
	G	-0,027	-0,886**	-0,179	-0,996**	-0,997**	0,992*	-0,668*	0,257	0,950*
TMG	F		0,011	-0,948**		0,924**	-0,839**		-0,548**	-0,782**
	G		-0,006	-0,993**		0,985*	-0,996**		-0,868*	-0,867*
ISG	F			0,138			-0,829**			0,368
	G			0,148			-0,974*			0,479

**; * $p < 0,01$, $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste t (correlações fenotípicas) e pelo método de bootstrap com 5000 simulações (correlações genotípicas).

Para o ambiente de 25 °C, as únicas correlações significativas foram estimadas entre PG e ISG ($r=-0,886$) e TMG e IVG ($r=-0,993$), ambas no sentido favorável a seleção. No ambiente de 35 °C, dentre as associações significativas, apenas a correlação entre TMG e ISG ($r=-0,868$) apresentou resultado desfavorável à prática da seleção direta, indicando que uma redução no tempo médio de germinação resultaria em uma menor sincronização das sementes germinadas. Para os coeficientes de correlação fenotípica, o comportamento foi similar aos de correlação genética nos três ambientes.

Os ganhos de seleção estimados a partir da seleção direta foram maiores no ambiente à 25 °C (Tabela 4), exceto para a porcentagem de germinação (5,13%), que teve seu maior valor no ambiente de 35 °C (13,04%). De modo geral, foi possível obter resultados satisfatórios em todos os caracteres avaliados, com ganhos mais expressivos sendo estimados para ISG nos três ambientes. Conforme já esperado e discutido anteriormente em relação a associações entre os caracteres, a seleção direta em um caráter conduziu, em sua maioria, a ganhos indiretos favoráveis nos demais.

Tabela 4. Estimativas de ganho genético e identificação das progênies selecionadas por seleção direta e indireta para a porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), índice de sincronização de germinação (ISG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *S. pulcherrimum*, avaliadas em ambientes de 25, 30 e 35 °C.

Caracteres	Ambientes	GS (%)	Ganho de seleção indireto (%)				Progêniees selecionadas
		Seleção Direta	PG	TMG	ISG	IVG	
PG	25 °C	5,13	---	2,03	-38,52	-2,62	14, 21, 6, 16, 1, 4, 17
	30 °C	11,83	---	-2,60	-41,03	12,69	14, 19, 21, 9, 16, 11, 13
	35 °C	13,04	---	-2,40	1,96	18,08	19, 11, 15, 14, 21, 18, 1
TMG	25 °C	-11,23	-0,01	---	26,22	21,27	11, 17, 15, 7, 6, 19, 18
	30 °C	-2,92	9,90	---	-47,05	11,99	15, 19, 21, 11, 9, 7, 14
	35 °C	-6,89	9,14	---	4,64	19,43	14, 15, 1, 2, 9, 19, 12
ISG	25 °C	-90,31	3,20	2,14	---	-8,65	8, 14, 21, 5, 9, 15, 16
	30 °C	-48,44	8,90	-2,92	---	11,46	15, 19, 21, 11, 16, 7, 9
	35 °C	-26,88	0,09	3,07	---	-2,78	10, 20, 16, 17, 15, 21, 14
IVG	25 °C	21,53	-0,35	-10,70	43,74	---	11, 17, 15, 7, 19, 6, 2
	30 °C	13,13	11,58	-2,84	-47,22	---	19, 14, 9, 21, 16, 11, 15
	35 °C	21,52	11,90	-6,15	5,83	---	15, 14, 19, 1, 2, 11, 12

De acordo com Tomaz et al. (2018), a obtenção de altos ganhos seletivos deve ser acompanhada de satisfatória variabilidade genética para os caracteres de interesse, uma vez que o processo de coleta de sementes não consegue manter a diversidade genética de populações. Neste sentido, foram indicadas as sete melhores progênies (pressão de seleção de 33,33%) para cada caractere e temperatura analisada, com destaque para as progênies 11, 14, 15 e 19, que tiveram indicação em pelo menos oito dos doze cenários avaliados.

Também foi tomado como critério de seleção o desempenho das progênies em relação aos resultados combinados de todos os caracteres de germinação. Para tal, foi utilizado o índice de seleção baseado em soma de ranks conforme Mulamba & Mock (1978) (Tabela 5). De acordo com esta metodologia, as condições ideais de germinação conforme os resultados aqui apresentados se daria na temperatura de 25 °C, cuja as progênies selecionadas seriam as 6, 11, 14, 15, 16, 17 e 21. Em caso de ambientes com temperaturas mais elevadas, a exemplo de 35 °C, as progênies indicadas seriam as 1, 2, 9, 11, 14, 15 e 19. Novamente podemos observar que as progênies 11, 14 e 15 se mostraram superiores, sendo indicadas para cultivo nos dois ambientes. Se utilizadas como matrizes para compor lotes de sementes, é esperado que estas germinem rápido e uniformemente, resultando em

menor tempo no viveiro e mudas uniformes, diminuindo custos e facilitando o calendário dos plantios em *S. pulcherrimum*.

Tabela 5. Estimativas de ganho genético e identificação das progênes selecionadas pelo índice de Mulamba & Mock (1978) para a porcentagem de germinação (PG), tempo médio de germinação (TMG), índice de sincronização de germinação (ISG) e índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *S. pulcherrimum*, avaliadas em ambientes de 25, 30 e 35 °C.

Ambientes	Caracteres	GS (%)	Progênes selecionadas	Coincidência (%) Selecionados na seleção direta e Índice de seleção
25 °C	PG	4,22	15, 17, 6, 11, 14, 21, 16	85,71
	TMG	-7,79		57,14
	ISG	-60,09		57,14
	IVG	13,00		57,14
30 °C	PG	11,58	19, 21, 14, 9, 11, 15, 16	85,71
	TMG	-2,84		85,71
	ISG	-47,22		85,71
	IVG	13,13		100,00
35 °C	PG	11,31	15, 14, 19, 1, 2, 11, 9	71,43
	TMG	-6,47		85,71
	ISG	3,87		28,57
	IVG	20,89		85,71

Com exceção para ISG em ambiente a 35 °C, coincidências foram verificadas entre as progênes selecionadas a partir da seleção direta e pelo índice de Mulamba & Mock (1978), o que novamente denota a possibilidade do uso eficiente da seleção fenotípica em gerações iniciais de melhoramento genético em caracteres de germinação da espécie.

Em relação a biometria de sementes, as progênes de *S. pulcherrimum* apresentaram variabilidade genética significativa para todos os caracteres (Tabela 6). O conhecimento sobre a biometria é importante, pois normalmente está relacionado com as características de dispersão e com o estabelecimento de plântulas, além de ser utilizado para diferenciar espécies pioneiras e não-pioneiras em florestas tropicais (Baskin & Baskin, 1998).

Tabela 6. Quadrado médio de genótipos (QMG), média geral, coeficiente de variação experimental (CV_e) e estimativas de repetibilidade (r) e coeficiente de determinação (R^2) para caracteres biométricos em sementes de *S. pulcherrimum*.

Caracteres Biométricos	QMG	Média Geral	CV_e (%)	Repetibilidade via Componentes Principais e matriz de covariâncias		
				r	R^2	Nº de avaliações para $R^2 = 0,80$
Peso Úmido (g)	0,0026**	0,061	18,20	0,420	0,9560	6
Comprimento (mm)	4,7566**	7,118	7,03	0,442	0,9596	5
Largura (mm)	4,0330**	4,468	8,11	0,528	0,9711	4
Espessura (mm)	0,7979**	2,963	10,59	0,227	0,8980	14

**; * $p < 0,01$, $p < 0,05$, respectivamente, pelo teste F

As sementes de *S. pulcherrimum* apresentaram valores médio para o peso úmido de 0,061 g (variou de 0,046 a 0,081 g), comprimento de 7,11 mm (variou de 6,47 a 7,78 mm), largura de 4,47 mm (variou de 3,82 a 5,18) e espessura de 2,96 (variou de 2,68 a 3,24 mm). Devido aos elevados efeitos ambientais normalmente presentes em dados biométricos, os coeficientes de variação experimental obtidos foram considerados satisfatórios, com valores dentro do

esperado. Além do fator genético, essas diferenças nas dimensões das sementes podem ocorrer devido ao ambiente em que estas foram produzidas. Se durante o período de maturação da semente as condições ambientais forem adversas, possivelmente as sementes originadas apresentarão desuniformidade nas dimensões e padrões morfológicos, mas isto não necessariamente terá influência no seu valor adaptativo (Lehtilä & Ehrlén, 2005).

Considerando a avaliação de caracteres biométricos e tendo em vista a seleção daquelas progênies que apresentam as características desejáveis para futuras gerações, foi estimado o coeficiente de repetibilidade dos caracteres a fim de quantificar o número de determinações que devem ser realizadas para obter-se uma avaliação fenotípica mais eficiente. Deste modo, por meio da metodologia de componentes principais, foi obtido valores do coeficiente de repetibilidade variando de 0,227 a 0,528 para a espessura e largura das sementes, respectivamente (Tabela 6). Apesar do coeficiente de repetibilidade para espessura ter sido considerado baixo, os coeficientes de determinação, obtidos a partir das 30 repetições, para os quatro caracteres biométricos, foram superiores a 89%, sugerindo que a avaliação destes pode ser realizada com alta confiabilidade.

No Centro de Sementes Nativas da Amazônia normalmente são utilizadas amostras de 30 sementes em análises biométricas para caracterização de matrizes de espécies florestais. No entanto, a fim de otimizar recursos e tempo disponível, o número de sementes amostradas pode ser reduzido para *S. pulcherrimum*, mantendo ainda boa acurácia na seleção de matrizes superiores. Neste caso, os resultados obtidos sugerem que para uma avaliação conjunta contemplando todos os caracteres biométricos avaliados (peso úmido, comprimento, largura e espessura) é necessária uma amostra de pelo menos 14 sementes de *S. pulcherrimum* para que seja realizada a seleção de matrizes superiores com acurácia de 80%.

CONCLUSÃO

As progênies de *S. pulcherrimum* apresentam variabilidade genética significativa para todos os caracteres, com o aumento da temperatura promovendo um decréscimo na porcentagem e no tempo médio de germinação.

Os altos valores estimados para herdabilidade e acurácia seletiva sugerem que o valor fenotípico pode fornecer uma medida confiável para seleção de genótipos superiores, com o processo seletivo sendo mais efetivo quando praticado em cada ambiente.

Correlações significativas e no sentido favorável a seleção são obtidos para a maioria das associações entre os caracteres e ambientes considerados, tornando o processo seletivo mais simples.

As progênies 11, 14 e 15 apresentam boas características de germinação para condições de temperaturas mais amenas e elevadas, sendo indicadas para programas de conservação, melhoramento e produção de mudas da espécie.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (1998). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. (666 p.). London: Academic Press.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). *Regras para análise de sementes* (399 p.). Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. MAPA/ACS.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013). *Instruções para análise de sementes de espécies florestais* (98 p.). Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, MAPA.
- Carvalho, N. M., & Nakagawa, J. (2012). *Sementes: ciência, tecnologia e produção* (5. ed, 590 p.). Jaboticabal: FUNEP.
- Castilho, A. L., Saraceni, C. H. C., Díaz, I. E. C., Paciencia, M. L. B., & Suffredini, I. B. (2013). New trends in dentistry: plant extracts against *Enterococcus faecalis*. The efficacy compared to chlorhexidine.

- Brazilian Oral Research, 27(2), 109-115. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-83242013000100017>. PMID:23538423.
- Cruz, C. D. (2013). Genes - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum*, 35(3), 271-276.
- Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S., & Regazzi, A. J. (2014). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. (3. ed., Vol. 2, 668 p.). Viçosa: Ed. UFV.
- Duarte, M. M., Milani, J. E. F., Blum, C. T., & Nogueira, A. C. (2015). Germinação e morfologia de sementes e plântulas de *Albizia edwallii* (Hoehne) Barneby & J. W. Grimes. *Revista Caatinga*, 28(3), 166-173. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252015v28n319rc>.
- Freitas, V. L. O., Viegas, F. P., & Lopes, R. D. M. F. (2013). Biometria de frutos e sementes, germinação e desenvolvimento inicial de Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*). *Floresta*, 44(1), 21-32. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v44i1.32265>.
- Lehtilä, K., & Ehrlén, J. (2005). Seed size as an indicator of seed quality: a case study of *Primula veris*. *Acta Oecologica*, 28(3), 207-212. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2005.04.004>.
- Lemus Filho, J. P., Guerra, S. T. M., Lovato, M. B., & Scotti, M. R. M. M. L. (1997). Germinação de sementes de *Senna macranthera*, *Senna multijuga* e *Stryphnodendron polyphyllum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(4), 357-361.
- Lima Júnior, M. J. V. (2016). *Manejo de sementes para o cultivo de espécies florestais da Amazônia*. São Paulo: Editora Brasil Seikyo Ltda.
- Lins Neto, J. D. R., Uchôa, A. D. A., Moura, P. A., Bezerra Filho, C. M., Tenório, J. C. G., Silva, A. G., Ximenes, R. M., Silva, M. A. V., & Correia, M. T. S. (2016). Phytochemical screening, total phenolic content and antioxidant activity of some plants from Brazilian flora. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(27), 409-416.
- Lorenzi, H. (1992). *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivos de plantas arbóreas do Brasil* (pp. 189-192). Nova Odessa, SP: Editora Plantarum.
- Martins, C. C., Machado, C. G., & Nakagawa, J. (2008). Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae). *Revista Árvore*, 32(4), 633-639. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000400004>.
- Monteiro, D., & Ramalho, M. (2010). Abelhas generalistas (Meliponina) e o sucesso reprodutivo de *Stryphnodendron pulcherrimum* (Fabales: Mimosaceae) com florada em massa na Mata Atlântica, BA. *Neotropical Entomology*, 39(4), 519-526. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2010000400009>. PMID:20877986.
- Mulamba, N. N., & Mock, J. J. (1978). Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, 7, 40-57.
- Nascimento Júnior, L. G. L., Lopes, M. T. G., Valente, M. S. F., Martins, C. C., Colares, C. R. B., & Lima Júnior, M. J. V. (2016). Estimativa de parâmetros genéticos em sementes de caroba. *Revista de Ciências Agrárias (Belém)*, 59(4), 311-319. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2153>.
- Pereira, A. G., Cruz, E. D., & Barros, H. S. D. (2016). Methods for overcoming dormancy in *Stryphnodendron pulcherrimum* seeds. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(87), 195-199. <http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.87.931>.
- Resende, M. D. V. (2007). *Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético* (535 p.). Colombo: Embrapa Florestas.
- Rickli, H. C., Nogueira, A. C., Koehler, H. S., & Zuffellato-Ribas, K. C. (2014). Germinação de sementes de *Vochysia bifalcata* em diferentes substratos e temperaturas. *Floresta*, 44(4), 669-676. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v44i4.33688>.
- Rodrigues, E. R., Hirano, E., & Nogueira, A. C. (2008). Germinação de sementes de pessegueiro-bravo sob diferentes condições de luz e substrato. *Scientia Agraria*, 9(1), 91-94. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v9i1.10142>.
- Santana, D. G., & Ranal, M. A. (2000). Análise estatística na germinação. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12, 205-237.
- Santos, L. S., Cabral, G. P., & Costa, R. R. G. F. (2014). Variabilidade genética entre e dentro de progênies de ipê rosa (*Handroanthus avellanedae* (Lorentz ex Griseb.) Mattos (Bignoniaceae). *Global Science Technology*, 7(2), 98-105. <http://dx.doi.org/10.14688/1984-3801/gst.v7n2p98-105>.
- Silva, C. A., Teixeira, A. L., Rocha, R. O., Baptista, A. C., & Silva, A. A. S. (2015). Effect of temperature and pre-germination treatments on seed germination of juerana branca (*Stryphnodendron*

pulcherrimum). *African Journal of Agricultural Research*, 10(6), 494-498.
<http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2014.8834>.

- Souza-Moreira, T. M., Queiroz-Fernandes, G. M., & Pietro, R. C. L. R. (2018). *Stryphnodendron* species known as “Barbatimão”: a comprehensive report. *Molecules*, 23(4), e.910.
- Tomaz, J. S., Lopes, M. T. G., Valente, M. S. F., Lima Júnior, M. J. V., Muniz, G. I. B., & Rosado, S. I. P. (2018). Genetic evaluation of seed germination and development of seedlings in *Ormosia excelsa* Benth. *Floresta*, 48(3), 331-342. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i3.52799>.
- Valente, M. S. F., Lopes, M., Chaves, F. C. M., Oliveira, A. M., & Freitas, D. R. B. (2017). Repeatability of biometric and fruit and seed yield traits of sachá inchi. *Acta Amazonica*, 47(3), 195-202. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201602623>.

Contribuição dos Autores: INLS: conceituação, obtenção de financiamento, administração do projeto, investigação, escrita – primeira redação; MTGL: conceituação, obtenção de financiamento, supervisão, metodologia, administração do projeto, validação; MSFV: metodologia, supervisão, curadoria de dados, análise formal, escrita – revisão e edição; MJVLJ: metodologia, supervisão, curadoria de dados, validação; TJPF: metodologia, supervisão, visualização, validação.