

# Variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil para características de frutos e sementes<sup>1</sup>

## Variability among mother trees of *Ceiba speciosa* St. Hil for characteristics of the fruits and seeds

Antonio Roveri Neto<sup>2</sup> e Rinaldo Cesar de Paula<sup>2\*</sup>

**RESUMO** - A paineira-rosa (*Ceiba speciosa* St. Hil. - Malvaceae) é uma espécie arbórea com grande importância na recuperação de ecossistemas degradados e cuja madeira e paina são usadas em diversas atividades econômicas. O presente estudo avaliou a variabilidade e a repetibilidade para caracteres biométricos de frutos e sementes e qualidade de sementes entre árvores matrizes de *C. speciosa*. Foram coletados frutos de 36 árvores matrizes, determinando-se em cinco frutos o diâmetro, comprimento, massa fresca e seca e número de sementes e em 100 sementes, o comprimento, diâmetro e peso de 100 sementes. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pela germinação e testes de vigor: índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado (EA), condutividade elétrica (CE) e submersão das sementes em água, em quatro repetições de 25 sementes, exceto para CE e submersão, em que as repetições continham 40 sementes. Após os testes de EA e submersão, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. As médias de árvores matrizes foram comparadas pelo teste de Scott-Knott e estimou-se o coeficiente de determinação genotípico, repetibilidade e correlação entre caracteres. As características avaliadas apresentam variabilidade significativa entre as árvores matrizes e estão sob baixa influência ambiental. As correlações entre caracteres biométricos com o processo germinativo e qualidade de sementes são baixas. Os coeficientes de repetibilidade são altos e a avaliação de cinco frutos e 100 sementes por árvore matriz e o uso de quatro repetições nos testes de germinação e vigor possibilitam boa confiabilidade na determinação da variabilidade da espécie.

**Palavras-chave:** Repetibilidade. Morfometria de frutos e sementes. Qualidade de sementes. Conservação genética. Restauração florestal.

**ABSTRACT** - *Ceiba speciosa* St. Hil. (Malvaceae), known locally as *paineira-rosa*, is an arboreal species of great importance in the recovery of degraded ecosystems, and whose wood and kapok are used for various economic activities. This study evaluated variability and repeatability for the biometric characteristics of fruit and seeds, and seed quality between mother trees of *C. speciosa*. Fruit was collected from 36 mother trees and the diameter, length, fresh and dry weight and number of seeds in five fruit, and the length, diameter and 100-seed weight in 100 seeds were determined. The physiological quality of the seeds was evaluated by germination and by the following tests for vigour: germination speed index, accelerated ageing (EA), electrical conductivity (EC) and submersion of the seeds in water. Four replications of 25 seeds were used, except for the tests of EC and submersion, where 40 seeds were used in each replication. After the tests for EA and submersion, the seeds were submitted to the germination test. The mean values for the parent trees were compared by Scott-Knott test, and the genotypic coefficient of determination, the repeatability and correlation between characteristics were estimated. The characteristics under evaluation display significant variability between the mother trees, suffering little effect from the environment. The correlation between biometric characteristics and germination and seed quality is low. The repeatability coefficients are high, and the evaluation of five fruits and 100 seeds per mother tree, employing four replications in the tests for germination and vigour, offers good reliability for determining the variability of the species.

**Key words:** Repeatability. Morphometry of fruit and seeds. Seed quality. Genetic conservation. Forest restoration.

DOI: 10.5935/1806-6690.20170037

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 17/06/2014; aprovado em 14/06/2016

<sup>1</sup>Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP, Campus de Jaboticabal

<sup>2</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista/UNESP, Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, Km 05, Jaboticabal-SP, Brasil, 14.884-900, rcpaula@fcav.unesp.br, roverineto@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A paineira-rosa (*Ceiba speciosa* St. Hil.) é uma espécie arbórea pertencente à família Malvaceae. No Brasil, sua distribuição geográfica abrange os estados da região Sul e Sudeste além de Goiás, Mato Grosso do Sul e Bahia; ocorrendo, também, na Argentina, Bolívia e Paraguai. Suas flores são hermafroditas e os possíveis polinizadores são beija-flores, borboletas, besouros e morcegos; o fruto é uma cápsula deiscente, as sementes são envoltas por paina, que auxiliam na dispersão anemocórica (CARVALHO, 2003). Apresenta reprodução mista, com predominância de alogamia (SOUZA; KAGEYAMA; SEBBENN, 2003); além de indícios de autoincompatibilidade (GIBBS; BIANCHI, 1992), existem fortes evidências de seleção contra homozigotos entre a fase de plântula e a fase adulta onde a seleção poderia eliminar parte da endogamia gerada pelas autofecundações e cruzamentos entre parentes, mantendo a variabilidade genética das populações (SOUZA; KAGEYAMA; SEBBENN, 2003). A espécie tem sido usada na restauração de ecossistemas degradados e no paisagismo; sua madeira é empregada na confecção de canoas, cochos, forros de móveis, fabricação de aeromodelos, caixotaria e produção de pasta celulósica; a paina é bastante utilizada para o enchimento de almofadas, cobertores e travesseiros (CARVALHO, 2003). Estudos recentes têm testado a paina e outras fibras vegetais como sorvente para o setor de petróleo, obtendo resultados satisfatórios (ANNUNCIADO; SYDENSTRICKER; AMICO, 2005).

A semente é o principal meio de multiplicação das espécies arbóreas e, por isto, o conhecimento sobre produção e tecnologia de sementes florestais assume importância fundamental no processo de manejo, conservação e melhoramento genético dessas espécies. Desta forma, a escolha de plantas matrizes sadias, com boa capacidade de produção de sementes, associada a um monitoramento adequado do processo de produção e coleta de sementes, são fundamentais para garantir sementes de alta qualidade (HIGA; SILVA, 2006).

A avaliação da qualidade de sementes é feita por meio dos testes de germinação e vigor, e visa prever o real desempenho de lotes de sementes em condições de campo ou durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005). Esses testes podem ser usados, também, em estudos para determinar a variabilidade genética e para a diferenciação da qualidade de sementes produzidas por diferentes árvores matrizes. Portanto, estudos sobre o potencial germinativo e da qualidade de sementes de diferentes plantas matrizes tornam-se essenciais para o desenvolvimento de técnicas de conservação, manejo e restauração dos ambientes naturais, bem como para o fornecimento de novos produtos para o setor agroindustrial (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Nas espécies arbóreas tropicais tem-se constatado grande variabilidade nos caracteres morfológicos de frutos e sementes, sendo esta variação de grande valor ecológico, pois auxilia na diferenciação de espécies (MATHEUS; LOPES, 2007) e na determinação da variabilidade e divergência genética entre matrizes numa mesma população (CARVALHO; NAZARÉ; OLIVEIRA, 2003).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou avaliar a variabilidade e a repetibilidade para caracteres biométricos de frutos e sementes e da qualidade de sementes, entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados frutos e sementes de 36 árvores matrizes de *C. speciosa* St. Hil (Malvaceae), localizadas nas áreas urbana e rural do município de Jaboticabal, estado de São Paulo, compreendida entre as latitudes 21°12'04" S e 21°16'05" S e longitudes 48°16'31" O e 48°20'43" O. Para cada árvore matriz, foram coletados de 25 a 35 frutos, nos meses de julho e agosto de 2012, quando esses atingiram a maturidade fisiológica, apresentando coloração marrom e início de abertura espontânea (CARVALHO, 2003). Após a colheita, os frutos foram deixados para secar sob condições ambientes até iniciarem ou completarem a abertura espontânea. Dos frutos abertos foram extraídas as sementes, separadamente e devidamente identificadas por árvore matriz.

Em cinco frutos, tomados aleatoriamente por árvore matriz, foram determinados o comprimento (cm) e o diâmetro (cm), com o auxílio de uma régua graduada, a massa de matéria fresca e seca (g), com auxílio de uma balança de precisão (0,001 g) e contabilizado o número de sementes por fruto. A massa de matéria fresca foi determinada no momento da abertura espontânea do fruto e a massa de matéria seca após submeter esses frutos à secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C por 96 h.

Em 100 sementes, tomadas aleatoriamente para cada árvore matriz, foram avaliados o comprimento (mm) e o diâmetro (mm) na seção transversal mediana (expresso a partir da média de duas avaliações perpendiculares entre si), com uso de paquímetro digital, e o peso de 100 sementes (g) em balança de precisão (0,0001 g). Essas avaliações foram realizadas em cinco repetições de 20 unidades por árvore matriz.

O teste de germinação foi conduzido em caixas de plástico, transparente e com tampa, de 11 x 11 x 3,5 cm de dimensões, usando como substrato duas folhas de papel mata-borrão, sob temperatura constante de 27 °C e fotoperíodo de 8 h (FANTI; PEREZ, 2005), em quatro repetições de 25

sementes por árvore matriz. O substrato foi inicialmente umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a três vezes a massa do papel não hidratado, mas no decorrer do experimento houve a necessidade de reumedecimento do mesmo. O teste teve duração de 21 dias e a germinação foi avaliada diariamente com base no critério botânico (protrusão da radícula). Ao final do teste determinou-se a porcentagem de sementes germinadas e o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Marcos Filho (2005).

Aproximadamente 150 sementes, tomadas aleatoriamente de cada árvore matriz, foram submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método descrito por Marcos Filho (2005), conduzido em caixas de plástico (11×11×3,5 cm) como compartimento individual (minicâmaras), possuindo em seu interior uma bandeja de tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada simples sobre a superfície da tela, sem sobreposição das mesmas. No interior de cada caixa, abaixo da tela de alumínio e sem contato com as sementes, foram adicionados 40 mL de água. As caixas tampadas foram mantidas a 45 °C por 72 h (FANTI; PEREZ, 2005). Ao final deste período, as sementes foram retiradas e submetidas ao teste de germinação, conforme procedimentos descritos anteriormente, exceto quanto à duração do teste que foi de 10 dias. As características avaliadas ao final do teste foram: a porcentagem de sementes com protrusão de radícula e o IVG.

O teste de condutividade elétrica foi conduzido a 25 °C, conforme recomendações básicas de Vieira e Krzyzanowski (1999) em quatro repetições de 40 sementes, cuja massa de matéria fresca foi previamente determinada em balança de precisão (0,001 g). Posteriormente, as sementes foram colocadas para embeber em 75 mL de água deionizada por 24 h, determinando-se a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes com um condutímetro de bancada (constante 1). Os valores da leitura de condutividade elétrica foram divididos pelos respectivos valores de massa de matéria fresca das sementes, expressando-se os resultados em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de sementes.

O teste de submersão foi conduzido com as mesmas sementes usadas no teste de condutividade elétrica, em que as mesmas foram mantidas submersas em 75 mL de água deionizada a 25 °C, por 120 h. Decorrido este tempo, as sementes foram retiradas da água e submetidas ao teste de germinação, conforme procedimentos descritos anteriormente, avaliando-se a porcentagem de sementes com protrusão de radícula ao final de 10 dias.

Após a verificação da normalidade pelo teste de Liliefors (CRUZ, 2001), os dados do teste de germinação, de envelhecimento acelerado, de condutividade elétrica e de submersão, foram submetidos à análise de variância,

segundo o delineamento em blocos casualizados, com 36 tratamentos (árvores matrizes). As médias das árvores matrizes foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para todas as características avaliadas foram estimados o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) e o coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ). Para tanto foram obtidas estimativas do componente quadrático da variabilidade genotípica entre árvores matrizes ( $\sigma_g^2$ ), componente quadrático da variabilidade fenotípica ( $\sigma_f^2$ ) e da variância ambiental ( $\sigma_e^2$ ), pelas seguintes expressões (CRUZ, 2001) (1):

$$\sigma_g^2 = (QMM - QME)/r; \sigma_f^2 = QMM/r \text{ e } \sigma_e^2 = QME \quad (1)$$

em que:  $QMM$  = quadrado médio entre árvores matrizes,  $QME$  = quadrado médio do erro e  $r$  = número de repetições. As estimativas de  $H^2$  e  $\rho$  foram, então, obtidas de acordo com os mesmos autores:

$$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} = \frac{(QMM - QME)}{QMM} \text{ e } \rho = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2} = \frac{(QMM - QME)}{[QMM + (r-1)QME]}$$

Adicionalmente foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre as características avaliadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas entre as árvores matrizes de *Ceiba speciosa* para todos os caracteres biométricos de frutos e sementes avaliados (Tabela 1). As estimativas do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) evidenciam grande variabilidade entre as árvores matrizes e o coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), de média a alta magnitude, garante a confiabilidade da avaliação das matrizes a partir do número de unidades medidas. Assim, com base nas estimativas de  $H^2$  e  $\rho$  é possível identificar matrizes com boas características de produção de sementes, assim como a seleção e melhoramento destas características. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Martins *et al.* (2013) com matrizes de *Archontophoenix cunninghamiana* quanto a caracteres biométricos de frutos e sementes e do processo germinativo.

Dos caracteres avaliados, o número de sementes por fruto (NSF) apresentou a menor estimativa de coeficiente de determinação genotípico ( $H^2 = 0,770$ ) e o peso de 100 sementes (P100S) o maior ( $H^2 = 0,996$ ). O coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) representa o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode assumir (LOVATO; MARTINS, 1997) e, apesar de incluir efeitos não genéticos, suas altas estimativas, mesmo para NSF, indicam que boa parte da variabilidade

**Tabela 1** - Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para as características biométricas avaliadas em frutos e sementes de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*

Fonte de Variação	Quadrados Médios							
	CF	DF	MFF	MSF	NSF	DS	CS	P100S
Matrizes	29,81**	3,40**	32533,7**	719,37**	6965,7**	1,31**	1,90**	19,72**
Resíduo	1,90	0,31	2882,9	62,79	1600,6	0,013	0,016	0,084
Média	12,99	8,39	192,30	39,29	114,43	7,64	5,79	13,08
CV (%)	10,6	6,6	27,9	20,2	35,0	1,5	2,2	2,2
$H^2$	0,936	0,908	0,911	0,913	0,770	0,989	0,991	0,996
$\rho$	0,746	0,666	0,673	0,677	0,401	0,952	0,958	0,979

CF, DF, MFF, MSF e NSF – respectivamente, comprimento (cm), diâmetro (cm), massa de matéria fresca (g) e seca (g) de frutos e número de sementes por fruto. DS, CS e P100S - respectivamente, diâmetro (mm) e comprimento (mm) de sementes e peso de 100 sementes (g). \*\* - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

nos caracteres biométricos seja controlada geneticamente e que os mesmos encontram-se sob baixa influência ambiental, tornando o processo seletivo mais fácil pois, neste caso, o valor fenotípico é um bom representante do valor genotípico das árvores matrizes. Com isto, é possível identificar com base no fenótipo, plantas matrizes com bons atributos genéticos, em função das altas estimativas de  $H^2$ .

O coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ) refere-se à correlação entre as medidas de um mesmo indivíduo e expressa a proporção da variância total que é explicada pelas variações proporcionadas pelo genótipo (árvores matrizes) e pelas alterações permanentes atribuídas ao ambiente comum (CRUZ; REGAZZI, 1994). Caso os efeitos permanentes do ambiente sobre a manifestação da característica sejam minimizados, o coeficiente de repetibilidade pode se igualar ao coeficiente de determinação genotípico. Assim, desprende-se que mesmo para o NSF, cujas estimativas de  $H^2$  (0,770) e de  $\rho$  (0,401) foram menores, ainda assim é possível obter boa precisão na identificação das plantas matrizes com maior número de sementes, avaliando apenas cinco frutos ou unidades amostrais.

Os frutos apresentaram comprimento médio variando de 9,08 (matriz 22) a 19,72 cm (matriz 19) e diâmetro médio variando de 6,39 (matriz 12) a 9,92 cm (matriz 13). Esses valores estão próximos aos da faixa de comprimento (12 a 22 cm) e de diâmetro de frutos (4 a 8 cm) reportados por Carvalho (2003). Para estas características as árvores matrizes foram separadas em quatro e cinco grupos, respectivamente, pelo teste de Scott-Knott (Tabela 2).

A diferença entre a matriz de maior (matriz 13 = 195) e a de menor (matriz 21 = 37) número de sementes

por fruto foi de 427%, com a formação de dois grupos de matrizes. Essa diferença foi de 883% para massa de matéria fresca e de 349% para massa de matéria seca de frutos, com a formação de 5 e 6 grupos, respectivamente (Tabela 2). Gusmão, Vieira e Fonseca-Júnior (2006) também observaram grande variação entre os valores mínimos e máximos de diâmetro, comprimento e massa de matéria fresca dos frutos de *Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss. e, segundo esses autores, essa variação não se deve apenas a fatores ambientais mas, principalmente, a alta variabilidade genética populacional.

Das características das sementes, maior variabilidade ocorreu para o peso de 100 sementes, com 91% de diferença entre as matrizes mais contrastantes (matrizes 5 e 36), seguido pelo comprimento, com 52% e pelo diâmetro, com 35%. Foram formados 12 grupos para peso de 100 sementes e 11 grupos para comprimento e diâmetro (Tabela 2). O número de sementes por quilograma, obtido a partir do peso de 100 sementes, variou de 5.845 (matriz 5) a 11.179 unidades (matriz 36), com média de 7.645 sementes. Estes valores encontram-se na faixa mencionada por Carvalho (2003), de 4.060 a 16.500 unidades. Apesar de menor variação percentual nas características biométricas de sementes, comparativamente às características de frutos, as árvores matrizes foram separadas em maior número de grupos para as primeiras, fato este associado aos menores coeficientes de variação experimental observados nos caracteres de sementes.

Houve diferenças significativas para as características do processo germinativo e de qualidade de sementes (Tabela 3), confirmando a alta variabilidade entre as árvores matrizes estudadas à semelhança do observado para caracteres biométricos de frutos e sementes. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Oliveira *et al.* (2013), ao estudarem a variabilidade do processo

**Tabela 2** - Médias das características biométricas avaliadas em frutos e sementes de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*

Árvore Matriz (M)	CF	DF	MFF	MSF	NSF	DS	CS	P100S
	(cm)	(cm)	(g)	(g)		(mm)	(mm)	(g)
1	12,3 c	9,1 a	146,6 d	32,6 d	142 a	8,0 e	6,6 c	14,1 d
2	12,9 c	7,7 c	214,3 c	34,5 d	120 b	7,8 e	6,1 d	11,5 i
3	12,9 c	8,9 a	203,0 c	35,2 d	168 a	7,7 f	5,9 e	12,4 g
4	10,8 d	9,3 a	180,3 d	40,6 d	118 b	8,0 e	5,3 h	14,4 d
5	16,8 b	9,0 a	118,8 d	62,1 b	96 b	7,9 e	6,7 b	17,1 a
6	13,1 c	9,1 a	159,0 d	41,2 d	106 b	7,4 g	5,0 i	11,7 h
7	13,8 c	8,9 a	266,4 c	46,1 c	141 a	8,5 b	6,2 d	13,5 e
8	12,5 c	9,4 a	220,2 c	45,7 c	88 b	8,0 e	5,5 g	13,4 e
9	11,0 d	8,8 b	199,4 c	38,5 d	97 b	7,9 e	5,5 f	14,5 d
10	11,5 d	7,6 c	75,2 e	37,0 d	114 b	8,2 c	6,9 a	15,0 c
11	11,2 d	8,1 c	206,3 c	40,9 d	78 b	8,3 c	6,2 d	13,7 e
12	15,3 b	6,4 e	170,3 d	35,8 d	69 b	7,7 f	5,4 g	13,6 e
13	13,1 c	9,9 a	186,9 d	57,9 b	195 a	7,9 e	5,0 i	11,7 h
14	13,3 c	7,1 d	119,8 d	28,6 e	91 b	7,5 g	6,1 d	13,0 f
15	12,8 c	7,7 c	136,5 d	26,9 e	120 b	8,1 d	6,7 b	16,6 b
16	12,6 c	7,0 d	92,7 e	24,8 e	81 b	7,7 f	6,4 c	13,8 e
17	13,6 c	8,4 b	241,7 c	51,3 c	151 a	7,7 f	5,9 e	12,5 g
18	12,5 c	8,5 b	272,4 c	49,6 c	148 a	8,1 d	6,3 d	15,1 c
19	19,7 a	9,5 a	447,4 a	70,9 a	119 b	8,7 a	5,5 g	16,6 b
20	10,4 d	7,3 d	149,2 d	29,8 e	188 a	7,4 g	4,5 k	10,3 j
21	14,2 c	9,2 a	72,2 e	42,7 d	37 b	7,8 e	5,6 f	13,8 e
22	9,1 d	8,5 b	134,5 d	28,4 e	86 b	8,0 e	6,6 c	14,4 d
23	9,2 d	8,7 b	163,1 d	31,2 e	62 b	7,3 h	4,9 j	12,0 h
24	11,9 c	8,4 b	201,3 c	40,2 d	93 b	7,2 h	4,9 j	11,7 h
25	10,1 d	7,4 d	108,0 e	15,8 f	104 b	6,4 k	5,2 h	9,3 k
26	10,5 d	9,3 a	213,9 c	38,8 d	103 b	7,2 h	5,6 f	11,3 i
27	16,1 b	8,4 b	341,4 b	47,9 c	164 a	7,4 g	5,9 e	12,7 g
28	11,1 d	7,9 c	231,8 c	34,5 d	91 b	6,9 i	5,1 i	10,6 j
29	11,7 c	8,7 b	235,7 c	42,9 d	122 b	7,0 i	5,7 f	11,9 h
30	13,4 c	9,6 a	343,8 b	59,2 b	148 a	7,6 f	6,1 d	13,6 e
31	16,5 b	7,4 d	224,2 c	35,2 d	146 a	7,1 h	5,6 f	11,9 h
32	15,5 b	8,3 b	229,3 c	48,9 c	104 b	8,0 e	6,7 b	16,4 b
33	12,1 c	7,7 c	135,3 d	21,5 f	54 b	7,5 g	6,2 d	13,6 e
34	19,3 a	8,5 b	227,1 c	39,0 d	88 b	7,9 e	6,1 d	13,8 e
35	12,6 c	8,1 c	45,5 e	17,5 f	114 b	6,7 j	5,1 i	10,2 j
36	12,1 c	8,4 b	209,1 c	40,8 d	173 a	6,7 j	5,3 h	8,9 l

CF, DF, MFF, MSF e NSF – respectivamente, comprimento (cm), diâmetro (cm), massa de matéria fresca (g) e seca (g) de frutos e número de sementes por fruto. DS, CS e P100S - respectivamente, diâmetro (mm) e comprimento (mm) de sementes e peso de 100 sementes (g). Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

**Tabela 3** - Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para características do processo germinativo e de qualidade de sementes de 36 árvores matrizes de *C. speciosa*

Fonte de Variação	Quadrados Médios					
	GER	IVG	GER-EA	IVG-EA	SUB	CE
Bloco	41,73	0,648	49,39	10,500	969,38**	5,33**
Matrizes	3427,82**	,877**	4037,64**	28,138**	770,44**	65,27**
Erro	68,03	0,139	42,46	0,808	93,80**	2,21
Média	72	2,34	67	4,53	23	75,67
CV(%)	11,48	15,95	9,73	19,83	37,23	19,49
$H^2$	0,980	0,972	0,989	0,971	0,878	0,968
$\rho$	0,925	0,895	0,959	0,894	0,643	0,882

GER, IVG - germinação (%) e índice de velocidade de germinação, respectivamente; GER-EA, IVG-EA - germinação (%) e índice de velocidade de germinação, respectivamente, após teste de envelhecimento acelerado; SUB - germinação (%) de sementes oriundas do teste de submersão; CE - condutividade elétrica ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ ) após 24 horas de embebição das sementes a 25 °C. \*\* - Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F

germinativo entre árvores matrizes de *Plukenetia volubilis* L. e indicam a possibilidade de seleção de plantas matrizes com características superiores de qualidade de sementes e de melhor desempenho germinativo. As estimativas do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), acima de 0,87, e de repetibilidade ( $\rho$ ), superior a 0,64, reforçam a possibilidade de seleção e indicam a baixa influência ambiental sobre esses caracteres.

Com sementes não envelhecidas, as árvores matrizes foram divididas em cinco grupos para germinação e sete para o índice de velocidade de germinação (Tabela 4). Nas 14 árvores matrizes do primeiro grupo, consideradas superiores, a germinação variou de 94% (matrizes 5 e 17) a 100% (matriz 28). Contudo, apenas uma destas 14 árvores matrizes está isoladamente alocada no primeiro grupo de IVG (matriz 36); outras quatro árvores matrizes participam do segundo grupo, cinco do terceiro e quatro do quarto grupo. Esses resultados indicam que, apesar de apresentarem germinação semelhante, a velocidade do processo germinativo é distinta entre as matrizes, portanto, estas diferem em vigor. As diferenças na porcentagem de germinação entre as árvores matrizes podem estar associadas a problemas na polinização e fertilização, por exemplo, com a ocorrência de autofecundação, uma vez que esta espécie não apresenta sementes dormentes e as sementes não germinadas ao final do teste encontravam-se apodrecidas. Conforme relatado na literatura, a paineira apresenta reprodução mista com predominância de alogamia (SOUZA; KAGEYAMA; SEBBENN, 2003), mas há indícios de autoincompatibilidade (GIBBS; BIANCHI, 1992) e fortes evidências de seleção contra homozigotos entre a fase de plântula e adulta, onde a seleção poderia eliminar

parte da endogamia gerada pelas autofecundações e cruzamentos entre parentes, mantendo a variabilidade genética das populações (SOUZA; KAGEYAMA; SEBBENN, 2003). Isto poderia explicar a grande variação na capacidade germinativa observada entre as diferentes árvores matrizes.

Com sementes envelhecidas houve a formação de sete grupos para germinação e cinco para o IVG. No grupo superior para germinação, estão representadas 11 matrizes com germinação variando de 94% (matriz 5) a 99% (matrizes 25; 26 e 28). Das quatro matrizes do grupo superior de IVG, com valores entre 8,40 (matriz 24) a 9,87 (matriz 36), duas não estão entre as de maior germinação (matrizes 20 e 36). A matriz 8 apresentou sementes de qualidade inferior, tanto para as sementes não envelhecidas quanto para as envelhecidas. As 11 matrizes com maiores porcentagem de germinação com sementes envelhecidas, estão entre as 14 de maior germinação com sementes não envelhecidas e representam as de melhor qualidade de sementes.

O envelhecimento acelerado separou as árvores matrizes em maior número de grupos para a porcentagem de germinação, possibilitando melhor discriminação das matrizes com germinação e vigor semelhante. Por outro lado, para o IVG ocorreu o contrário, o que se deve ao maior teor de água das sementes após o envelhecimento, o que diminui o tempo para que a germinação ocorra, uniformizando o processo germinativo. Contudo, de uma forma geral, o envelhecimento acelerado não provocou alterações profundas na qualidade das sementes sendo que algumas árvores matrizes apresentaram pequeno aumento na porcentagem de germinação com o envelhecimento (matrizes 1; 4; 13; 20; 25 e 33). Fanti e Perez (2005) recomendam que o teste de envelhecimento acelerado de

**Tabela 4** - Médias das características do processo germinativo e de qualidade de sementes em 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*

Árvore Matriz (M)	GER (%)	IVG	GER-EA (%)	IVG-EA	SUB (%)	CE ( $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )
1	29 d	1.58 e	35 f	2.78 d	4 d	13 a
2	71 c	3.78 b	65 d	5.26 c	5 d	80 b
3	74 c	2.50 d	72 c	4.46 c	16 c	105 b
4	77 c	1.82 e	90 b	4.28 c	26 b	62 b
5	94 a	2.81 c	94 a	5.17 c	35 b	28 a
6	42 d	2.02 e	34 f	2.40 d	11 c	25 a
7	85 b	2.35 d	82 b	3.55 d	13 c	182 c
8	33 d	0.81 f	15 g	0.93 e	10 c	35 a
9	31 d	1.13 f	13 g	1.02 e	2 d	89 b
10	38 d	1.73 e	38 f	2.81 d	5 d	24 a
11	37 d	1.08 f	20 g	1.39 e	6 d	359 f
12	82 b	1.59 e	60 d	2.40 d	26 b	34 a
13	33 d	1.12 f	36 f	2.12 d	17 c	96 b
14	13 e	0.51 g	8 g	0.44 e	1 d	266 e
15	8 e	0.29 g	7 g	0.37 e	0 d	131 c
16	21 e	0.32 g	11 g	0.50 e	1 d	267 e
17	94 a	3.50 b	89 b	6.84 b	13 c	32 a
18	86 b	1.87 e	77 c	3.34 d	27 b	25 a
19	86 b	2.47 d	83 b	5.90 c	48 a	40 a
20	87 b	3.45 b	89 b	9.46 a	11 c	97 b
21	64 c	1.95 e	52 e	3.04 d	6 d	73 b
22	74 c	3.40 b	68 d	5.20 c	7 d	263 e
23	96 a	3.16 c	95 a	7.04 b	51 a	42 a
24	99 a	3.78 b	95 a	8.40 a	34 b	19 a
25	97 a	3.58 b	99 a	9.15 a	34 b	42 a
26	99 a	3.28 b	99 a	7.19 b	59 a	24 a
27	99 a	2.30 d	90 b	4.54 c	54 a	22 a
28	100 a	2.98 c	99 a	7.08 b	57 a	17 a
29	95 a	2.59 d	95 a	5.81 c	54 a	19 a
30	83 b	2.65 d	75 c	4.81 c	23 b	16 a
31	75 c	1.42 e	52 e	1.85 d	17 c	18 a
32	100 a	2.91 c	99 a	5.66 c	50 a	22 a
33	89 a	2.35 d	95 a	5.50 c	29 b	39 a
34	98 a	3.12 c	98 a	6.16 b	28 b	34 a
35	99 a	2.64 d	95 a	6.49 b	30 b	29 a
36	99 a	5.22 a	88 b	9.87 a	20 c	58 b

GER, IVG - germinação (%) e índice de velocidade de germinação, respectivamente; GER-EA, IVG-EA - germinação (%) e índice de velocidade de germinação, respectivamente, após teste de envelhecimento acelerado; SUB - germinação (%) de sementes oriundas do teste de submersão; CE - condutividade elétrica ( $\mu\text{s.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ) após 24 horas de embebição das sementes a 25 ° C. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

sementes de *C. speciosa* seja conduzido a 45 °C por 72 h, por permitir diferenciação da qualidade de sementes desta espécie. Estudando a qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (catingueira), Lima *et al.* (2014) observaram que o teste de envelhecimento acelerado foi o mais eficiente na avaliação do potencial fisiológico das sementes.

A germinação das sementes foi reduzida para todas as árvores matrizes após o teste de submersão e as matrizes foram classificadas em quatro grupos, com germinação variando de 0% (matriz 15) a 59% (matriz 26). Portanto, este teste promoveu alterações expressivas na porcentagem de germinação. Para Pandey (1992), a embebição de sementes de baixa qualidade por períodos prolongados pode resultar, inclusive, na morte das mesmas, ocasionada por danos por embebição rápida ou, de acordo com Wuebker, Mullen e Koehler (2001) pelo comprometimento de vários mecanismos fisiológicos com a submersão, como toxicidade por etanol, redução na disponibilidade de oxigênio e acúmulo de dióxido de carbono, o que resultaria na queda na germinação. Isto explica, por exemplo, a não germinação das sementes da árvore matriz 15 (M15).

O teste de condutividade elétrica da solução de embebição das sementes promoveu a formação de seis grupos de árvores matrizes, com variação entre 13  $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  na matriz 1 a 359  $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  na matriz 11 (Tabela 4).

Pode-se observar que todas as árvores matrizes alocadas no grupo de maiores porcentagens de germinação após submersão (19; 23; 26; 27; 28; 29 e 32) apresentam os menores valores de condutividade elétrica, no entanto, o contrário não se verifica, pois nem todas as matrizes com menores valores de condutividade elétrica estão entre as melhores taxas de germinação, indicando que não há boa concordância entre os dois testes. Sementes de baixa qualidade exibem maiores valores de condutividade elétrica dada a liberação de maior quantidade de lixiviados, como açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos como  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Na}^+$ , na solução de embebição em função da menor estruturação e seletividade das membranas celulares (MARCOS FILHO, 2005; VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Contudo, nem sempre há uma associação perfeita entre os valores de condutividade elétrica e a qualidade das sementes de diferentes lotes, conforme observado em vários trabalhos, tanto com espécies agrícolas, quanto com espécies florestais. Diferenças na composição química das sementes, a presença de variabilidade genética, em geral de grande magnitude em espécies não domesticadas, a exemplo de *C. speciosa*, dentre outros fatores podem interferir nos resultados do teste de condutividade elétrica e dificultar a associação do padrão de lixiviados com a qualidade das sementes.

Neste sentido, o uso do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes florestais é visto com grandes ressalvas (BONNER, 1998), dada a grande variabilidade genética normalmente presente nos lotes de sementes destas espécies. Esse autor considera que as diferenças genéticas entre os lotes estão entre as principais causas de dificuldade de padronização do teste, o que é válido, especialmente, para espécies selvagens, sem domesticação e melhoramento. Esse autor, afirma, também, que o teste de condutividade elétrica em sementes florestais dificilmente terá o mesmo desempenho das grandes culturas, mas que é uma ferramenta que pode auxiliar, em combinação com outros testes, na identificação de lotes de diferentes qualidades fisiológicas. Torres e Marcos Filho (2005) comentaram que o teste de condutividade não é o mais indicado para avaliação do vigor de sementes. Para Santos e Paula (2009), o teste de condutividade elétrica consegue separar lotes de sementes mais contrastantes, no entanto sua eficiência é reduzida para discriminar lotes de vigor intermediários. Segundo esses autores, o teste de condutividade elétrica em sementes florestais é apontado como promissor para o monitoramento da qualidade fisiológica de lotes de sementes durante o armazenamento e vem sendo adaptado para diferentes espécies arbóreas, como coníferas, folhosas, grupos sucessionais (pioneiras secundárias e climácicas). Soto-Gonzales, Paula e Valeri (2009) não encontraram resultados satisfatórios desse teste para a avaliação do vigor de sementes de diferentes árvores matrizes de *Albizia hassleri* (Chod) Burkar e atribuíram a baixa correlação encontrada entre os resultados do teste de condutividade elétrica com a germinação à grande variabilidade genética. Por outro lado, Soto-Gonzales, Valeri e Paula (2011) verificaram que o teste de condutividade elétrica foi eficiente para caracterizar a qualidade fisiológica de sementes de 30 árvores matrizes de *Corymbia citriodora*.

Entre os caracteres biométricos de frutos e sementes, a maior estimativa de correlação ocorreu entre o diâmetro de sementes e o peso de 100 sementes ( $r = 0,81$ ), evidenciando uma forte associação entre estes caracteres. Entre as características do processo germinativo as correlações foram altas e positivas, tanto para as sementes não envelhecidas quanto para as envelhecidas. A condutividade elétrica apresentou correlações médias e negativas com o processo germinativo, indicando, como esperado, uma relação inversa entre condutividade e desempenho germinativo. As estimativas dos coeficientes de correlação entre caracteres biométricos de frutos e sementes com o processo germinativo foram baixas, não evidenciando forte associação entre as mesmas (Tabela 5). Isso indica que as variações nas características dos frutos, provavelmente, são determinadas por fatores ambientais, como a disponibilidade de água ou quantidade de nutrientes do solo (TABARELLI; VICENTE; BARBOSA, 2003).



**Tabela 5** - Estimativas de coeficientes de correlação entre os caracteres avaliados em 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*

CF	DF	MFF	MSF	NSF	DS	CS	P100S	GER	IVG	GER-EA	IVG-EA	SUB	CE
	0,07	0,44	0,53	0,06	0,32	0,22	0,40	0,14	-0,09	0,08	-0,14	0,14	-0,24
DF		0,38	0,64	0,20	0,29	-0,09	0,17	0,06	0,09	0,11	0,03	0,18	-0,23
MFF			0,69	0,37	0,27	-0,05	0,14	0,32	0,17	0,26	0,13	0,41	-0,22
MSF				0,29	0,48	0,08	0,41	0,14	0,04	0,11	-0,05	0,23	-0,23
NSF					-0,03	-0,11	-0,26	0,07	0,17	0,10	0,17	-0,05	-0,16
DS						0,53	0,81	-0,41	-0,45	-0,38	-0,53	-0,36	0,31
CS							0,68	-0,30	-0,29	-0,27	-0,43	-0,29	0,28
P100S								-0,31	-0,48	-0,28	-0,51	-0,14	0,12
GER									0,80	0,97	0,83	0,75	-0,51
IVG										0,80	0,93	0,44	-0,36
GER-EA											0,86	0,76	-0,51
IVG-EA													0,57
SUB													
													-0,52

CF, DF, MFF, MSF, NSF - respectivamente, comprimento, diâmetro, massa fresca, massa seca e número de sementes por fruto; DS, CS e P100S - respectivamente, diâmetro, comprimento e peso de 100 sementes; GER e IVG - respectivamente, porcentagem e índice de velocidade de germinação; GER-EA e IVG-EA - respectivamente, porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes envelhecidas; SUB - porcentagem de germinação de sementes no teste de submersão; CE - condutividade elétrica da solução de embebição de sementes

A associação entre caracteres biométricos de frutos e, ou sementes com o processo germinativo foi abordada em vários estudos, mas os resultados são divergentes. Neste sentido, o tamanho da semente não influenciou a germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* (ALVES *et al.*, 2005), de *Tabebuia chrysotricha* (SANTOS *et al.*, 2009) e de *Tectona grandis* (KHERA; SAXENA; SINGH, 2004), por outro lado afetou positivamente o desempenho germinativo de *Acacia catechu* e *A. nilotica* (KHERA; SAXENA; SINGH, 2004) e de *Elaeis guineenses* (MYINT; CHANPRASERT; SRIKUL, 2010). Os resultados das correlações entre condutividade elétrica e as características do processo germinativo são semelhantes aos obtidos no estudo de Soto-Gonzales, Paula e Valeri (2009), com sementes de diferentes árvores matrizes de *Albizia hasslerii*.

## CONCLUSÕES

1. Há variabilidade entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* quanto às características biométricas de frutos e sementes e do processo germinativo e estas características encontram-se sob baixa influência ambiental;
2. A repetibilidade dos caracteres avaliados é alta e a avaliação de 5 frutos e de 100 sementes por árvore matriz e de quatro repetições nos testes de germinação e vigor permitem boa representatividade

da variabilidade entre árvores matrizes de *C. speciosa*;

3. As correlações entre caracteres biométricos com o processo germinativo e qualidade de sementes são baixas.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E. U. *et al.* Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.
- ANNUNCIADO, T. R.; SYDENSTRICKER, T. H. D.; AMICO, S. C. Experimental investigation of various vegetable fibers as sorbent materials for oil spills. **Marine Pollution Bulletin**, v. 50, p. 1340-1346, 2005.
- BONNER, F. T. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology**, v. 20, n. 1, p. 5-17, 1998.
- CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R. F. R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, p. 326-328, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 691-698.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. - Bombacaceae. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 345-352, 2005.
- GIBBS, P. E., BIANCHI, M. Post-pollination events in species of *Chorisia speciosa* (Bombacaceae) and *Tabebuia* (Bignoniaceae) with late-acting self-incompatibility. **Botany Acta**, v. 106, p. 64-71. 1992.
- GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA-JÚNIOR, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.
- HIGA, A. R.; SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. 299 p.
- KHERA, N.; SAXENA, A. K.; SINGH, R. P. Seed size variability and its influence on germination and seedling growth of five multipurpose tree species **Seed Science and Technology**, v. 32, p. 319-330, 2004.
- LIMA, C. R. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 370-378, 2014.
- LOVATO, M. B.; MARTINS, P. S. Genetic variability in salt tolerance during germination of *Stylosanthes humilis* H. B. K. and association between salt tolerance and isozymes. **Brazilian Journal of Genetics**, v. 20, n. 3, 1997.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARTINS, C. C. *et al.* Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude provenientes de sementes de diferentes plantas matrizes. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 1006-1011, 2013.
- MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 8-17, 2007.
- MYINT, T., CHANPRASERT, W.; SRIKUL, S. Effect of seed weight on germination potential of different oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) crosses. **Seed Science and Technology**, v. 38, p. 125-135, 2010.
- OLIVEIRA, D. A. *et al.* Potencial germinativo de sementes de Fava-D'anta (*Dimorphandra mollis* Benth. - Fabaceae: Mimosoideae) sob diferentes procedências, datas de coleta e tratamentos de escarificação. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 1001-1009, 2008.
- OLIVEIRA, S. A. G. *et al.* Estimation of genetic parameters of *Plukenetia volubilis* L. seed germination. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, p. 49-54, 2013.
- PANDEY, D. K. Conductivity testing of seeds. In: LINSKENS, H. F.; JACKSON, J. F. (Ed.) **Seed analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 1992. p. 273-304.
- SANTOS, F. S. *et al.* Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex. A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, v. 37, p. 163-173, 2009.
- SANTOS, S. R. G.; PAULA, R. C. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 81, p. 007-016, 2009.
- SOTO-GONZALES, J. L.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. Fabaceae-Mimosoideae. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 625-634, 2009.
- SOTO-GONZALES, J. L.; VALERI, S. V.; PAULA, R. C. Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson. **Scientia Forestalis**, v. 39, p. 171-181, 2011.
- SOUZA, L. M. F. I.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Sistema de reprodução em população natural de *Chorisia speciosa* A. St.-Hil. (Bombacaceae). **Revista Brasil de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 113-121, 2003.
- TABARELLI, M.; VICENTE, A.; BARBOSA, D. C. A. Variation of seed dispersal spectrum of woody plants across a rainfall gradient in northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 53, p. 197-210, 2003.
- TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Physiological potential evaluation in melon seeds (*Cucumis melo* L.). **Seed Science and Technology**, v. 33, n. 2, p. 341-350, 2005.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA-NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Brasília: ABRATES, 1999. p. 4.1-4.26.
- WUEBKER, E. F.; MULLEN, R. E.; KOEHLER, K. Flooding and temperature effects on soybean germination. **Crop Science**, v. 41, n. 6, p. 1857-1861, 2001.