

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE  
*Ceiba speciosa* St. Hil. PARA CARACTERÍSTICAS DE  
FRUTOS E SEMENTES**

**Antonio Roveri Neto**  
Biólogo

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE  
*Ceiba speciosa* St. Hil. PARA CARACTERÍSTICAS DE  
FRUTOS E SEMENTES**

**Antonio Roveri Neto**

**Orientador: Prof. Dr. Rinaldo César de Paula**

**Dissertação apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,  
Câmpus de Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Agronomia (Genética e  
Melhoramento e Plantas)**

**2014**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Roveri Neto, Antonio  
R873d      Divergência genética entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa*  
St. Hil. para características de frutos e sementes / Antonio Roveri  
Neto. -- Jaboticabal, 2014  
xiv, 64 p. f. : il ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014  
Orientador: Rinaldo César de Paula  
Banca examinadora: Cibele Chalita Martins; Miguel Luiz Menezes  
Freitas  
Bibliografia

1. coleta de sementes, 2. conservação genética, 3. morfometria,  
4. restauração florestal, 5. vigor. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.531:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da  
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal. aroveri@fcav.unesp.br

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE *Ceiba speciosa*  
St. HIL. PARA CARACTERÍSTICAS DE FRUTOS E SEMENTES

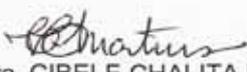
**AUTOR:** ANTONIO ROVERI NETO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

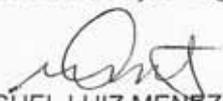
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA  
(GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Profa. Dra. CIBELE CHALITA MARTINS

Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

  
Prof. Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS  
Instituto Florestal / São Paulo/SP

Data da realização: 30 de junho de 2014.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**ANTONIO ROVERI NETO** – filho de Graça Maria de Moraes Rego e Silva e Antonio Roveri Junior, nascido na cidade de São Paulo – SP, no dia de 22 de Março de 1982. É Zootecnista formado no ano de 2005 e licenciado em Ciências Biológicas no ano de 2010, ambos pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP), Câmpus de Jaboticabal – SP. Ingressou no curso de Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), na mesma instituição, em Março de 2012, sob a orientação do Prof. Dr. Rinaldo César de Paula.

“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra! Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso.”

*Charles Chaplin*

## DEDICATÓRIA

À memória dos meus pais Graça Maria e Antonio Roveri, por vosso amor incondicional, ensinamentos, exemplos e princípios de moralidade.

DEDICO.

À minha companheira, amiga e namorada Éllen, sempre ao meu lado, me motivando e sempre acreditando em meu potencial, com paciência, parceria e compreensão.

OFEREÇO.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha vó Maria, em memória, e por suas histórias que nunca me cansei de ouvir.

Aos meus irmãos Alexandre, André e Carla Gabriela, pela amizade, brigas e amor para sempre; à Maria Eduarda, que surgiu para iluminar e alegrar as nossas vidas.

Aos meus tios Teresinha e Domingos, pelos conselhos, apoio, carinho e pelas intermináveis refeições e conversas aos finais de semana.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da UNESP, Câmpus de Jaboticabal, por me proporcionar a oportunidade da realização do curso de Mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Rinaldo César de Paula, pelos ensinamentos, confiança, amizade, dedicação, preocupação, carinho e ajuda. Um exemplo de caráter e profissionalismo.

Aos membros da banca examinadora Professora Cibele Chalita Martins e Professor Miguel Luiz Menezes Freitas, pelas contribuições para melhoria deste trabalho.

Aos meus amigos e ajudantes de campo, funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, Juventino, Wéber e Sílvio (Mineiro), pela ajuda na coleta dos frutos, pois, sem eles, este trabalho não teria acontecido.

Aos meus amigos Jonas, Matheus e Gabriel, que me ajudaram em diversas análises e na tabulação dos dados deste trabalho.

Ao Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, por ter me dispensado de minhas funções para que pudesse cursar as disciplinas do programa.

Aos meus novos amigos, irmãos, pai e mães que ganhei em um momento que mais precisava na minha vida: Marilda, Wagner e Cecília.

Aos amigos do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, com quem convivo, trabalho e compartilho experiências e confidências diariamente: Bel Mataqueiro, Caique, Clara, Damares, Edmar e Euclides.

Ao meu mestre, Prof. Dr. Roque Takahashi, pois, indiretamente, despertou em mim a vontade de cursar o mestrado.

... enfim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

**Os meus mais sinceros agradecimentos!**

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO-----	ix
ABSTRACT-----	xi
LISTA DE FIGURAS-----	xii
LISTA DE TABELAS-----	xiii
1. INTRODUÇÃO-----	1
2. REVISÃO DE LITERATURA-----	3
2.1. A Espécie-----	3
2.2. Estudos Biométricos de Frutos e Sementes-----	4
2.3. Testes de Germinação, Envelhecimento Acelerado e Condutividade Elétrica-----	6
2.4. Divergência Genética-----	8
3. MATERIAL E MÉTODOS-----	13
3.1. Caracterização da Área de Estudo-----	13
3.2. Avaliação Biométrica de Frutos e Sementes-----	16
3.3. Teste de Germinação-----	17
3.4. Teste de Envelhecimento Acelerado-----	18
3.5. Teste de Condutividade Elétrica-----	18
3.6. Teste de Submersão-----	19
3.7. Delineamento Experimental e Análise dos Dados-----	19
3.7.1. Análises de variância, comparação de médias, coeficiente de determinação genotípico e de repetibilidade e correlação entre caracteres-----	19
3.7.2. Divergência genética entre árvores matrizes-----	20
3.7.3. Número ótimo de árvores matrizes-----	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	23
4.1. Biometria de Frutos e Sementes-----	23
4.2. Teste de Germinação e Envelhecimento Acelerado-----	28
4.3. Teste de Condutividade Elétrica e Submersão-----	31
4.4. Correlação Entre Caracteres-----	35
4.5. Divergência Genética Entre as Matrizes-----	37
4.6. Número de Árvores Matrizes Para Coleta de Sementes-----	48
5. CONCLUSÃO-----	52
6. REFERÊNCIAS-----	53

## DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE *Ceiba speciosa* St. Hil. PARA CARACTERÍSTICAS DE FRUTOS E SEMENTES

**RESUMO** – A *Ceiba speciosa* St. Hil. (paineira-rosa) é uma espécie arbórea tropical pertencente à família Malvaceae, cuja árvore na idade adulta, pode superar os 20 metros de altura e 120 centímetros de diâmetro a altura do peito (DAP). Possui reprodução mista, com predominância de alogamia. Seus principais agentes polinizadores são aves, insetos e morcegos. Sua madeira pode ser empregada na indústria para confecção de canoas, cochos, móveis, aeromodelos, caixotaria e produção de pasta celulósica; a sua paina é bastante utilizada para o enchimento de almofadas, cobertores e travesseiros. A espécie apresenta grande importância na recuperação de ecossistemas degradados. O presente estudo objetivou avaliar a divergência genética entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa*, a partir de caracteres de frutos e sementes. Para tanto foram coletados frutos e sementes de 36 árvores matrizes, determinando-se em cinco frutos por matriz o diâmetro, comprimento, massa de matéria fresca e seca e número de sementes/fruto e em 100 sementes (5 repetições de 20 unidades), o comprimento, diâmetro e peso de 100 sementes. Quatro repetições de 25 sementes por árvore matriz foram submetidas ao teste de germinação, conduzido a 27 °C por 21 dias em substrato mata-borrão, avaliando-se a porcentagem de sementes com protrusão de radícula e o índice de velocidade de germinação. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo teste de envelhecimento acelerado (EA), conduzido a 45 °C por 72 horas, de condutividade elétrica conduzido com quatro repetições de 40 sementes embebidas em 75 mL de água desionizada a 25° C por 24 h e pelo teste de submersão, em que as mesmas sementes do teste de condutividade elétrica foram mantidas na mesma solução por 120 h. Após o teste de EA e de submersão, as sementes foram submetidas ao teste de germinação a 27 °C durante 10 dias. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de medias pelo teste de Scott-Knott, estimando-se, ainda, o coeficiente de determinação genotípico, de repetibilidade e de correlação entre os caracteres avaliados. A divergência genética entre as árvores matrizes foi obtida pelo método de Ward e de otimização de Tocher, a partir da distância euclidiana média entre pares de árvores matrizes. A contribuição de cada característica para o estudo da divergência genética foi avaliada pelo método de Singh. Adicionalmente, foi estimado o número ótimo de árvores matrizes pelo método da máxima curvatura modificado a partir dos caracteres estudados, com base nas seguintes estatísticas obtidas dos próprios dados experimentais: raiz quadrada do quadrado médio de matrizes ( $QMM^{1/2}$ ), coeficiente de variabilidade genotípica (CVg) e coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ). Observou-se variabilidade genética entre as árvores matrizes quanto às características avaliadas e que essas encontram-se sob baixa influência ambiental. As correlações entre caracteres biométricos de frutos e sementes com o processo germinativo e qualidade de sementes são baixas. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade são altas e a avaliação de cinco frutos e de 100 sementes por árvore matriz possibilita boa confiabilidade na determinação da variabilidade da espécie. A análise de agrupamento indica boa divergência genética entre as árvores matrizes de *Ceiba speciosa* e que os caracteres do processo

germinativo de sementes, provenientes dos testes de envelhecimento acelerado, de germinação e de submersão, são os de maior importância à divergência. Deve-se coletar sementes em pelo menos oito árvores matrizes de *Ceiba speciosa*, de forma a representar a variabilidade da espécie para os caracteres estudados.

**Palavras-chave:** coleta de sementes, conservação genética, morfometria, restauração florestal, vigor.

## GENETIC DIVERGENCE AMONG MOTHER TREES OF *Ceiba speciosa* St. Hil. TO FRUITS AND SEEDS BIOMETRIC TRAITS

**ABSTRACT** – *Ceiba speciosa* St. Hil. is a tropical tree species of the Malvaceae family, which in adulthood, the tree may exceed 20 meters in height and 120 cm in diameter at breast height. Reproduction has mixed, predominantly outcrossing. Its main pollinators are birds, insects and bats. Its wood can be used in industry for making canoes, troughs, furniture, model airplanes, crates and production of pulp; their seed cotton is widely used for filling pillows, blankets and pillows. The species has great importance in the recovery of degraded ecosystems. The present study aimed to evaluate the genetic divergence among mother trees of *Ceiba speciosa*, from characters of fruits and seeds. Fruits and seeds of 36 mother trees of *C. speciosa* were collected, determining in five fruits per array diameter, length, fresh weight and dry weight and number of seeds per fruit and 100 seed (5 replicates of 20 units), the length, diameter and weight of 100 seeds. Also, four replicates of 25 seeds per mother tree were subjected to germination test, conducted at 27 ° C for 21 days in substrate blotter, by assessing the percentage of seeds with radical protrusion and the germination speed index. The seed quality was evaluated by accelerated aging test conducted at 45 ° C for 72 hours, electrical conductivity conducted with four replications of 40 seeds soaked in 75 mL of deionized water at 25 ° C for 24 h by the submersion test in which the seeds of the same electrical conductivity test were kept in this solution for 120 h. After the EA and submersion test, seeds were subjected to germination test at 27 ° C for 10 days. Data were subjected to analysis of variance and comparison of means by the Scott-Knott test, estimating also the genotypic determination coefficient, repeatability and correlation among traits. The genetic divergence among mother trees was obtained by the method of Ward and optimization Tocher, from the average Euclidean distance between pairs of parent trees. The contribution of each characteristic evaluated for the study of genetic diversity was performed by the Singh method. Additionally, we estimated the optimal number of mother trees from the maximum curvature method modified for the characters studied from the following statistics obtained from own experimental data: the square root of the mean squared of mother trees ( $QMM^{1/2}$ ), the coefficient of genotypic variability (CVg) and the coefficient of genotypic determination ( $H^2$ ). Observed genetic variability among mother trees and the traits are under low environmental influences. The correlations between biometric characters of fruits and seeds with germination and seed quality are low. The coefficients of repeatability are high and the evaluation of five fruits and 100 seeds per mother tree provides good reliability in determining the variability of the species. Cluster analysis of mother trees, indicates good genetic divergence between them and the characters of the seeds germination, from the accelerated aging, germination and submersion tests, are of greater importance for the study the divergence of mother trees of *C. speciosa*. It should collect seeds by at least eight mother trees of *Ceiba speciosa* in order to represent the variability of the species for studied traits.

**Keywords:** collecting seeds, forest restoration, genetic conservation, morphometry, vigor.

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Mapa de localização dos pontos de amostragens ( ★ ), do município de Jaboticabal - SP, das 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> ; Ponto A, 14 matrizes; B, 7 matrizes; C, 2 matrizes; D, 2 matrizes; E, 7 matrizes; F, 4 matrizes (Imagem: Google Earth).....	14
Figura 2. Imagem de satélite de parte do município de Jaboticabal, SP, com os pontos de amostragem ( ★ ) das 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> ; Ponto A, 14 matrizes; B, 7 matrizes; C, 2 matrizes; D, 2 matrizes; E, 7 matrizes; F, 4 matrizes (Imagem: Google Earth).....	15
Figura 3. Aspecto do fruto parcialmente aberto e de sementes de <i>Ceiba speciosa</i> . .....	16
Figura 4. Aspecto do fruto maduro, com coloração marrom e linhas de sutura.....	16
Figura 5. Esquema representativo com as medidas das sementes. À esquerda - vista lateral indicando o comprimento (a); à direita - vista superior indicando diâmetro maior (b) e diâmetro menor (c).....	17
Figura 6. Frequência relativa das características biométricas de frutos e sementes de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	27
Figura 7. Porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> . Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....	29
Figura 8. Porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> após o envelhecimento acelerado a 45° C por 72 h. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....	30
Figura 9. Dendrograma representativo do agrupamento de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> , obtido pelo método de Ward a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes e parâmetros da qualidade fisiológica das sementes.....	46

## LISTA DE TABELAS

	Páginas
Tabela 1. Coordenadas geográficas de localização das 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> amostradas no município de Jaboticabal, SP.....	13
Tabela 2. Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), massa de matéria fresca (MFF) e seca de fruto (MSF), número de sementes por fruto (NSF), diâmetro de semente (DS), comprimento de semente (CS) e peso de 100 sementes (P100S) de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	23
Tabela 3. Médias de comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), massa de matéria fresca (MFF) e seca de fruto (MSF), número de sementes por fruto (NSF), diâmetro de semente (DS), comprimento de semente (CS) e peso de 100 sementes (P100S) de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	25
Tabela 4. Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para porcentagem (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes envelhecidas e não envelhecidas, de <i>Ceiba speciosa</i> provenientes de diferentes matrizes.....	28
Tabela 5. Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para a germinação de sementes oriundas do teste de submersão (GER-SUB) e de condutividade elétrica (CE) após 24 horas de embebição das sementes a 25 ° C, em 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	32
Tabela 6. Médias de porcentagem de germinação de sementes oriundas do teste de submersão (GER-SUB) e de condutividade elétrica (CE) após 24 horas de embebição das sementes a 25 ° C, em 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	33
Tabela 7. Estimativas de coeficientes de correlação entre os caracteres avaliados em 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	36

Tabela 8.	Distância geográfica e distância euclidiana média entre 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> a partir de características de frutos e sementes, desempenho germinativo e qualidade de sementes.....	38
Tabela 9.	Grupos estabelecidos pelo Método de Otimização de Tocher, com base em características resultantes da avaliação biométrica de frutos e sementes e dos testes de vigor de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	43
Tabela 10.	Contribuição relativa dos caracteres biométricos de frutos e sementes, do processo germinativo e de qualidade fisiológica de sementes no estudo de divergência genética de 36 árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> .....	47
Tabela 11.	Número ótimo de árvores matrizes de <i>Ceiba speciosa</i> ( $X_{MC}$ ), pelo método da máxima curvatura modificado, obtidos a partir das estimativas da raiz quadrada do quadrado médio de matrizes ( $QMM^{1/2}$ ), do coeficiente de variabilidade genotípica (CVg) e do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) para as características avaliadas. ....	50

## 1. INTRODUÇÃO

A *Ceiba speciosa* St. Hil. (paineira-rosa) é uma espécie arbórea tropical pertencente à família Malvaceae. Além da importância ecológica e ornamental, onde a espécie é 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 sua paina é bastante utilizada para o enchimento de almofadas, cobertores e travesseiros. Estudos recentes têm testado a paina e outras fibras vegetais como sorvente para o setor de petróleo, obtendo resultados satisfatórios, porém necessita mais pesquisas e aprofundamento das técnicas.

O Brasil possui a flora arbórea mais rica e vasta do planeta, no entanto a falta de direcionamento técnico e de conscientização ecológica no que tange a exploração dos recursos florestais têm causado danos irreparáveis ao ambiente, a exemplo do comprometimento de populações inteiras de espécies arbóreas, pela exploração desordenada e, muitas vezes, criminosa destas espécies. 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 das espécies arbóreas. Considerando o aumento da demanda por sementes de espécies florestais de alta qualidade, é importante que se escolham plantas saudáveis, efetuando-se os procedimentos de marcação e mapeamento no campo, monitoramento e coleta para que se possa manipular corretamente este importante insumo florestal. A coleta de sementes florestais nativas é normalmente realizada para a recomposição de áreas de preservação permanentes, produção de madeira ou outros produtos não madeireiros.

Diversas espécies arbóreas praticamente não existem mais em condições naturais ou encontram-se em baixa densidade de indivíduos, de modo que a coleta de sementes tem que ser efetuada em áreas que não são as mais adequadas, a exemplo de áreas urbanas. Assim como a coleta de sementes, a propagação de

diversas espécies nativas encontra sérias limitações em razão do escasso conhecimento a respeito das suas exigências ecofisiológicas.

Nas espécies arbóreas tropicais existe grande variabilidade com relação aos caracteres morfométricos de frutos e sementes, sendo esta variação de grande valor ecológico, pois auxilia na determinação da variabilidade da espécie, bem como no estudo dos aspectos do processo de dispersão de sementes e diferenciação de espécies. Desse modo, a descrição sistemática de uma espécie possibilita o uso potencial do material genético e, portanto, é inegável que o delineamento de estratégias para a conservação e, ou melhoramento genético de uma espécie passe pelo entendimento da ecologia e distribuição de sua diversidade genética. Em programas de melhoramento genético, os dados de biometria podem indicar se a variabilidade genética possui alguma relação com os fatores ambientais, além de auxiliar nas considerações morfológico-evolutivas.

Apesar da grande importância, estudos de biometria de sementes, frutos e plântulas não têm sido empregados na taxonomia, onde apenas os caracteres da planta adulta têm sido utilizados, deste modo, os trabalhos que visam o conhecimento das espécies arbóreas ainda são escassos na literatura referencial. Apesar da existência de diversos trabalhos sobre germinação de sementes de espécies nativas do Brasil, esse número é ainda muito pequeno em relação à grande diversidade de espécies dos diferentes biomas brasileiros. Portanto, estudos sobre o potencial germinativo de espécies nativas 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.

Sendo assim, o presente teve como objetivo geral determinar a divergência genética entre árvores matrizes de *C. speciosa*, a partir de caracteres de frutos e sementes, e como objetivos específicos: determinar a variabilidade genética entre árvores matrizes; o coeficiente de repetibilidade para os caracteres estudados; a importância relativa dos caracteres para a divergência genética e; estabelecer o número ótimo de árvores matrizes para coleta de sementes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A Espécie

*Ceiba speciosa* St. Hil. (paineira-rosa) é uma espécie arbórea tropical pertencente à família Malvaceae, cuja distribuição geográfica abrange, principalmente, as florestas mesófilas semidecíduas, nos estados brasileiros de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, ocorrendo, também, desde o nordeste da Argentina até o centro e leste do Paraguai (LORENZI, 1998; CARVALHO, 2003). É cultivada em diversas regiões tropicais e subtropicais, no hemisfério norte, até as Antilhas e o sul dos Estados Unidos.

Em geral, indivíduos de *C. speciosa* possuem entre 10 e 15 m de altura e entre 30 e 60 cm de diâmetro a altura do peito (DAP, a 1,30 m do solo), mas na idade adulta é comum encontrar plantas com mais de 20 m de altura e de 120 cm de DAP (SOUZA; KAGEYAMA; SEBBENN, 2003).

Além da importância ecológica e ornamental, em que a espécie é 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 sua paina é bastante utilizada para o enchimento de almofadas, cobertores e travesseiros (LORENZI, 1998; CARVALHO, 2003). Estudos recentes têm testado a paina e outras fibras vegetais como sorvente para o setor de petróleo, obtendo resultados satisfatórios, porém necessita mais pesquisas e aprofundamento das técnicas (ANNUNCIADO, 2005; BARA, 2011; FERREIRA, 2009).

Quanto ao sistema reprodutivo, a *C. speciosa* é de reprodução mista, com predominância de alogamia (SOUZA et al., 2003); além de apresentar indícios de autoincompatibilidade (GIBBS; BIANCHI, 1992) existem, ainda, 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 et al,

2003). Suas flores são hermafroditas e os possíveis polinizadores desta espécie são beija-flores, borboletas, besouros e morcegos; o fruto é uma cápsula deiscente, as sementes são envoltas por paina, que auxilia na dispersão anemocórica, atingindo distâncias superiores a 160 m em relação à árvore matriz (CASTILLO, 1986; MORELLATO, 1991).

## 2.2. Estudos Biométricos de Frutos e Sementes

Nas espécies arbóreas tropicais existe grande variabilidade com relação ao tamanho dos frutos, número de sementes por fruto e tamanho das sementes, fatos comprovados por Cruz, Carvalho e Leão (2001) em *Parkia nítida* Miquel e por Cruz, Martins e Carvalho (2001) em *Hymenaea intermedia* Duck. Entretanto, poucos são os trabalhos que objetivam a caracterização de frutos e sementes dessas espécies visando ampliar o conhecimento sobre as mesmas (EDWARDS, 2000). Para Vázquez-Yanes; Aréchiga (1996), o aumento no conhecimento sobre as sementes das espécies tropicais possibilitará maior uso de espécies nativas em plantios e reflorestamentos.

A caracterização biométrica de frutos e sementes é de vital importância para estudos taxonômicos e filogenéticos, pois órgãos vegetativos e florais podem ser insuficientes para os mesmos (FERREIRA et al., 2001; OLIVEIRA, 2001). Assim, estudos biométricos de frutos e sementes podem fornecer recursos para a diferenciação das espécies, caracterização dos aspectos ecológicos da planta, informações para conservação e exploração dos recursos genéticos, obter conhecimento sobre o processo de germinação, vigor, viabilidade e armazenamento de sementes e também sobre os métodos de propagação das espécies (MATHEUS; LOPES, 2007). Outro aspecto é que características como a massa e tamanho permitem a diferenciação das sementes na formação de lotes mais homogêneos, possibilitando a uniformidade e o aprimoramento da emergência e vigor das sementes (ANDRADE; VENTURI; PAULILO, 1996, CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Conhecimento da morfologia das sementes é necessário para a identificação e certificação do material empregado nas análises de sementes (OLIVEIRA;

PEREIRA, 1984). Beltrati (1994) comenta que esses conhecimentos podem servir para melhorar a conservação da fauna e da flora, contribuir nos estudos de sucessão ecológica e regeneração dos ecossistemas florestais. Barroso et al. (1999) afirmam que tamanho, forma e tipo de deiscência dos frutos, são caracteres imprescindíveis para a classificação dos mesmos. Nesse sentido, os autores salientam que os estudos morfológicos de frutos contribuem para a identificação das espécies, bem como sua distribuição geográfica e interações com a fauna.

Os dados de biometria, em programas de melhoramento genético, podem ser utilizados como importante ferramenta na detecção da variabilidade genética dentro das populações de uma mesma espécie, e verificar se esta variabilidade possui alguma relação aos fatores ambientais, além de auxiliar nas considerações morfológico-evolutivas (CARVALHO et al., 2003).

Dentro de um enfoque ecológico, os estudos de morfologia de plântulas merecem atenção especial, permitem desenvolver informações importantes para a distinção de espécies do mesmo gênero (CRUZ; MARTINS; CARVALHO, 2001), são capazes de ampliar o conhecimento sobre uma determinada espécie, além de fornecer subsídios para o reconhecimento e identificação destas, dentro de uma determinada região, subsidiam estudos de dispersão e estabelecimento de plântulas e identificação de sucessão vegetal em florestas tropicais (DAMIÃO FILHO, 1993). Guerra, Medeiros Filho e Galvão (2006) afirmam que as plântulas, em seus estágios iniciais, bem como os estudos sobre morfologia das mesmas, ampliam e melhoram o conhecimento e compreensão sobre o processo reprodutivo e de estabelecimento da planta em condições naturais, sendo o principal subsídio para a produção de mudas.

Apesar da grande importância, estudos de biometria de sementes, frutos e plântulas não têm sido empregados na taxonomia, onde apenas os caracteres da planta adulta têm sido utilizados, desse modo, os trabalhos que visam o conhecimento das espécies arbóreas ainda são escassos na literatura. Estudos sobre morfologia e anatomia de espécies da família Malvaceae são raros e a escassez de trabalhos dessa área têm dificultado a identificação e a descrição correta de suas espécies (PAOLI; NASCIMENTO, 2004).

### 2.3. Testes de Germinação, Envelhecimento Acelerado e Condutividade Elétrica

A germinação de sementes é dependente de fatores externos e internos à mesma, sendo desencadeada pelo processo de embebição em água e resultante de reações bioquímicas dependentes da temperatura, disponibilidade de oxigênio, dentre outros fatores (BEWLEY; BLACK, 1982).

Para cada espécie deve-se determinar as condições ideais de temperatura, substrato, água, oxigênio para que o processo germinativo ocorra de maneira otimizada em termos de uniformidade, porcentagem e velocidade da germinação (MAYER; POLJAKOFF, 1989; LEAL FILHO; BORGES, 1992; ALBUQUERQUE et al., 1998; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

No teste de germinação, que geralmente é conduzido em condições ótimas para o processo germinativo, várias outras informações, além da germinação *per se* e da capacidade de formação de plântulas normais, podem ser obtidas, a exemplo da velocidade de germinação e do desempenho (comprimento e massa seca) de plântulas. Assim, lotes de sementes que germinam mais rapidamente, de maneira mais uniforme e capazes de formarem plântulas com maior tamanho (raiz e parte aérea) e de maior massa seca, são considerados mais vigorosos e, portanto, de melhor qualidade, mesmo que apresentem porcentagens de germinação semelhantes. Isto é bem documentado na literatura, porém comparações de germinação e qualidade fisiológica de sementes obtidas de diferentes plantas matrizes são relativamente escassas.

A avaliação da capacidade das sementes produzirem plântulas normais passa, necessariamente, pela realização de testes de germinação, porém, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), nem sempre esses testes são capazes de detectar o real desempenho entre os lotes de sementes em condições de campo ou durante o armazenamento. Deste modo, o vigor das sementes deve ser avaliado para complementar as informações obtidas pelos testes de germinação. Dentre os testes de vigor mais usados na avaliação da qualidade de lotes de sementes de diferentes espécies, pode-se destacar o de condutividade elétrica e o de envelhecimento acelerado.

O teste de condutividade elétrica é um procedimento que consiste em detectar os eletrólitos perdidos pelas sementes na solução de embebição das mesmas, avaliando-se a condutividade elétrica da solução de embebição (POWELL, 1986). Com o processo de deterioração das sementes, ocorre aumento dos lixiviados dos constituintes celulares das sementes embebidas em água, aumentando a condutividade elétrica do meio, assim, o vigor das sementes será inversamente proporcional à condutividade elétrica medida (HEPBURN; POWELL; MATHEWS, 1984; VIEIRA; CARVALHO, 1994). Deste modo, as sementes de menor qualidade irão se deteriorar mais rapidamente, refletindo estes valores na germinação das mesmas.

Segundo Hampton e Tekrony (1995), a condutividade elétrica é um teste de vigor rápido e objetivo e que pode ser conduzido com gastos mínimos, tanto no que diz respeito a equipamentos quanto treinamento pessoal. Os mesmos autores afirmam que dentre todos os testes disponíveis, este é um dos mais difundidos para identificar o vigor de sementes de espécies cultivadas, proporcionando informações consistentes.

O teste de envelhecimento acelerado visa à avaliação do vigor de sementes, após as mesmas serem submetidas a condições de alta temperatura e de umidade relativa, que são os principais fatores de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2005). Assim, quando as sementes são expostas a alta temperatura e alta umidade relativa, aumentará a taxa de deterioração das mesmas, de forma que as mais vigorosas se deteriorarão menos, resultando em valores mais elevados de porcentagem e de velocidade de germinação que as sementes menos vigorosas e, portanto, poderão suportar condições adversas em campo e/ou quando armazenadas (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999).

## 2.4. Divergência Genética e Número Ótimo de Matrizes

Estudos de divergência genética são de extrema importância no que diz respeito a trabalhos de conservação genética e manutenção de bancos de germoplasma (PAULA, 2007), pois facilitam o estabelecimento das relações entre a diversidade genética e geográfica, além de evitar a vulnerabilidade genética das culturas (CRUZ; REGAZZI, 2004). Segundo Kageyama et al. (2003), existem muitas dificuldades quanto às metodologias adequadas e amostragem para o estudo da divergência genética de espécies tropicais, além da alta diversidade e complexidade das mesmas, o que explica a escassez de dados e informações sobre a ecologia e genética dessas espécies.

Perturbações antrópicas têm levado à fragmentação de populações naturais de espécies florestais, gerando um risco real de erosão genética e até mesmo de extinção de espécies, especialmente nos biomas tropicais (PINTO; SOUZA; CARVALHO, 2004). Quando a floresta se torna fragmentada, há uma diminuição no tamanho das populações e, conseqüentemente, na sua diversidade genética, tornando-as isoladas e vulneráveis a eventos ambientais, demográficos e genéticos. A diversidade genética é fundamental para a sustentabilidade das espécies, pois fornece matéria-prima para a adaptação, evolução e sobrevivência de populações arbóreas (RAJORA; MOSELLER, 2001). Entretanto, perturbação antrópica pode levar à alteração da distribuição da variabilidade genética e gerar estruturação genética espacial nas populações (LACERDA; KAGEYAMA, 2003, MORAES; KAGEYAMA; SEBBENN, 2005).

A conservação *in situ* ou *ex situ* de espécies nativas é fundamental para garantir a sobrevivência destas e pode ser realizada mediante a criação de estações ecológicas, parques e reservas, ou mediante o estabelecimento de testes de progênies de forma a garantir um banco de germoplasma para exploração futura. A conservação implica não somente em minimizar a ação de fatores deletérios da alocação de recursos limitados a prioridades definidas, em parte, em função da disponibilidade, acurácia e precisão de informações em geomorfologia, climatologia, sistemática, biogeografia, ecologia e evolução, mas também em assegurar a

continuidade do máximo de biodiversidade existente durante períodos evolutivamente mais significativos.

Entre os tipos de conservação, a *in situ* é o método mais eficaz para se manter intacta a complexa estrutura e dinâmica das interações entre espécies e, em consequência, a continuidade dos processos evolutivos que originaram e mantêm a biodiversidade (SANTOS FILHO, 1995). A conservação *in situ*, promove não somente a conservação, mas também, a evolução (FERNANDEZ; GONZALES-MARTINEZ, 2009).

A conservação *ex situ* tem sido adotada como uma estratégia para preservar populações de espécies da extinção. Bancos de germoplasma têm sido implantados em forma de testes de procedências e progênies em diversas instituições brasileiras, (SEBBENN et al., 2001). Contudo, a conservação *ex situ* por si só não garante a conservação das espécies. Catástrofes naturais, como, por exemplo, incêndios, podem causar a perda dos bancos genéticos. Portanto, é fundamental recombinar essa variação genética em pomares de sementes e expandi-la através de reflorestamentos ambientais. Tal estratégia garante maior conservação dessas espécies.

A transformação de testes de procedências e progênies em pomares de sementes por mudas é uma estratégia comum e eficiente em programas de melhoramento florestal para a produção de sementes melhoradas em curto prazo (SEBBENN et al., 2001). Nesse caso, as melhores árvores das melhores procedências e progênies são selecionadas para compor a população de recombinação nos pomares, dando origem a sementes com qualidade genética superior para os caracteres usados na seleção. É uma estratégia eficiente para expandir a variação genética retida nos bancos de germoplasma, a partir da utilização de suas sementes em reflorestamentos ambientais, contribuindo para a preservação das espécies na natureza. Assim, a variabilidade genética retida nos bancos será mantida, recombinada durante o processo de reprodução e expandida a partir de reflorestamentos realizados com sementes do pomar. É uma das estratégias mais exploradas para a seleção e caracterização dos padrões de herança em espécies florestais, pois permite comparar a variação entre os indivíduos entre e dentro de progênies e procedências (SEBBENN et al., 2001),

permite, também, identificar a localização geográfica das populações que conservam maior variabilidade genética da espécie além de caracterizar a fração herdável das características e o progresso genético com a prática da seleção (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Independentemente da conservação ocorrer no local de ocorrência da espécie ou em outro, ela é necessária, mas a demora nas decisões governamentais e até mesmo a falta de conscientização da população a respeito da importância da conservação de espécies animais e vegetais para garantir um futuro melhor para as gerações seguintes podem comprometer a sobrevivência de várias espécies de interesse. Não obstante a isso, os estudos relacionados ao assunto têm condições de direcionar decisões coerentes para a preservação da biodiversidade brasileira, sendo úteis na determinação e no direcionamento de conservação de espécies (SILVA et al., 2005).

Os estudos de divergência genética entre um grupo de genótipos têm sido de grande importância em programas de melhoramento, por fornecerem informações sobre parâmetros de identificação de genitores que possibilitem grande efeito heterótico, maior heterozigose na progênie e maior probabilidade de recuperar genótipos superiores nas gerações segregantes. Para esses estudos faz-se necessário a obtenção de uma matriz de distâncias (ou dissimilaridade) e a aplicação de métodos de agrupamento. Os métodos de agrupamento separam o grupo de observações geradas a partir da matriz de dissimilaridade, onde dentro do subgrupo haverá homogeneidade, e entre grupos haverá heterogeneidade, possibilitando a observação do comportamento dos genótipos de acordo com a distância genética indicada entre as matrizes (CRUZ; REGAZZI, 2004). Segundo Cruz e Carneiro (2003) estudos sobre divergência destacam o grau de semelhança ou de diferença entre dois ou mais genótipos, a partir da avaliação de vários caracteres, de modo agrupado para se obter as melhores alternativas para análise e interpretação dos dados.

A medida de dissimilaridade e o método de agrupamento utilizados devem garantir ao melhorista segurança na seleção de genitores para os cruzamentos e, ou conservação genética, sendo que podem ser usadas mais de um método a partir do mesmo conjunto de dados. Em caso de concordância entre os agrupamentos, a

escolha do método deve recair naquele de simples execução e de fácil interpretação. No entanto, caso haja discordância entre os métodos, a escolha de genitores passa a depender do método utilizado, havendo a necessidade de escolha do método mais eficiente (CARGNELUTTI FILHO et al., 2011).

A matriz de distâncias entre os genótipos pode ser obtida a partir de dados fenotípicos e/ou moleculares, quantitativos ou qualitativos, e os métodos de agrupamento mais utilizados são hierárquicos e de otimização. Para caracteres quantitativos, as medidas de distâncias podem ser obtidas a partir da distância euclidiana e/ou de Mahalanobis, sendo que a última necessita de dados originados de delineamento experimentais com repetição (NASCIMENTO FILHO et al., 2001; CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Dos métodos de agrupamento hierárquicos pode-se citar o do Vizinho Mais Próximo (VMP), do Vizinho Mais Distante (VMD), das médias ponderadas (UPGMA) e de WARD e, dos métodos de otimização tem-se o método de Tocher (CRUZ; REGAZZI, 2004). Esses métodos distinguem entre si pela forma de definir a proximidade entre um indivíduo e um grupo já formando ou entre dois grupos quaisquer, de forma que proporcionarão resultados distintos (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Dentre os fatores que contribuem para o sucesso de um programa de melhoramento, conhecer o número de amostras (frutos e, ou sementes, por exemplo) de cada material genético a ser coletado nas expedições é importante, pois auxilia na programação das expedições de coletas, no sentido de otimizar o tempo e espaço necessários para coleta e transporte de materiais genéticos promissores que possam ser incorporados aos programas de melhoramento (OLIVEIRA; FERNANDES, 2001). Nos programas de melhoramento, procura-se reduzir ou eliminar o tempo gasto avaliando repetições além do necessário, bem como evitar a avaliação de um número reduzido que provocarão erros de estimação e falhas na identificação dos genótipos superiores (CARDOSO, 2006). O coeficiente de repetibilidade é uma alternativa para a definição do número de amostras (ou repetições) a ser usado nos experimentos. Esse coeficiente, obtido a partir da tomada de mais de uma medida no mesmo indivíduo, 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) e representa o limite superior do coeficiente de herdabilidade (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Para se determinar o tamanho ótimo das parcelas, vários métodos têm sido relatados na literatura e, com o passar dos anos, as metodologias têm se tornado mais eficientes e específicas, utilizando ferramentas estatísticas que possibilitam a estimação precisa dos parâmetros de interesse (LEITE, 2007). Existem, na literatura, diferentes métodos de determinação do tamanho das parcelas experimentais, dentre elas, um dos mais utilizados é o método da máxima curvatura modificado, proposto por Lessman e Atkins (1963), que consiste em representar graficamente os coeficientes de variação de cada parcela contra os respectivos tamanhos das amostras, onde, com a proposição de uma fórmula de determinação do ponto de máxima curvatura, elimina a inspeção visual e subjetiva do tamanho adequado da amostra. Esse método tem sido adaptado para se determinar o número mínimo de acessos (por exemplo, de árvores matrizes) para coleta de frutos e, ou sementes de forma a representar adequadamente a variabilidade dos acessos de interesse (espécies, procedências, progênies, dentre outros).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização da Área de Estudo

Foram utilizados frutos e sementes provenientes de 36 árvores matrizes de *C. speciosa*, devidamente georreferenciadas (Tabela 1), localizadas na área urbana e rural do município de Jaboticabal, SP (Figuras 1 e 2). Foram coletados entre 25 e 35 frutos de cada árvore matriz, diretamente das copas das árvores, com o uso de um caminhão munck e de uma tesoura de poda alta, nos meses de julho e agosto de 2012, quando os mesmos atingiram a maturidade fisiológica, com coloração marrom e início de abertura espontânea (CARVALHO, 2003).

Tabela 1. Coordenadas geográficas de localização das 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* amostradas no município de Jaboticabal, SP.

Matriz	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Matriz	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
01	21°14'46"S	48°17'33"O	574	19	21°12'50"S	48°16'34"O	605
02	21°14'47"S	48°17'34"O	569	20	21°14'43"S	48°17'14"O	545
03	21°14'47"S	48°17'35"O	574	21	21°14'34"S	48°17'39"O	592
04	21°14'48"S	48°17'35"O	574	22	21°15'09"S	48°18'35"O	586
05	21°14'39"S	48°17'25"O	562	23	21°16'05"S	48°18'24"O	624
06	21°12'04"S	48°16'31"O	589	24	21°16'05"S	48°18'24"O	624
07	21°12'05"S	48°16'31"O	588	25	21°15'46"S	48°20'36"O	617
08	21°12'05"S	48°16'32"O	587	26	21°15'46"S	48°20'18"O	632
09	21°12'96"S	48°16'32"O	585	27	21°15'45"S	48°20'16"O	635
10	21°12'07"S	48°16'32"O	583	28	21°15'45"S	48°20'14"O	635
11	21°12'07"S	48°16'32"O	583	29	21°15'43"S	48°20'12"O	635
12	21°12'10"S	48°16'33"O	578	30	21°15'42"S	48°20'11"O	636
13	21°12'10"S	48°12'33"O	578	31	21°15'42"S	48°20'09"O	638
14	21°12'11"S	48°16'33"O	578	32	21°14'29"S	48°20'43"O	621
15	21°12'11"S	48°16'33"O	578	33	21°14'29"S	48°20'42"O	621
16	21°12'06"S	48°16'32"O	586	34	21°14'31"S	48°20'40"O	620
17	21°12'06"S	48°16'32"O	584	35	21°14'32"S	48°20'36"O	619
18	21°12'06"S	48°16'35"O	583	36	21°15'15"S	48°18'09"O	577

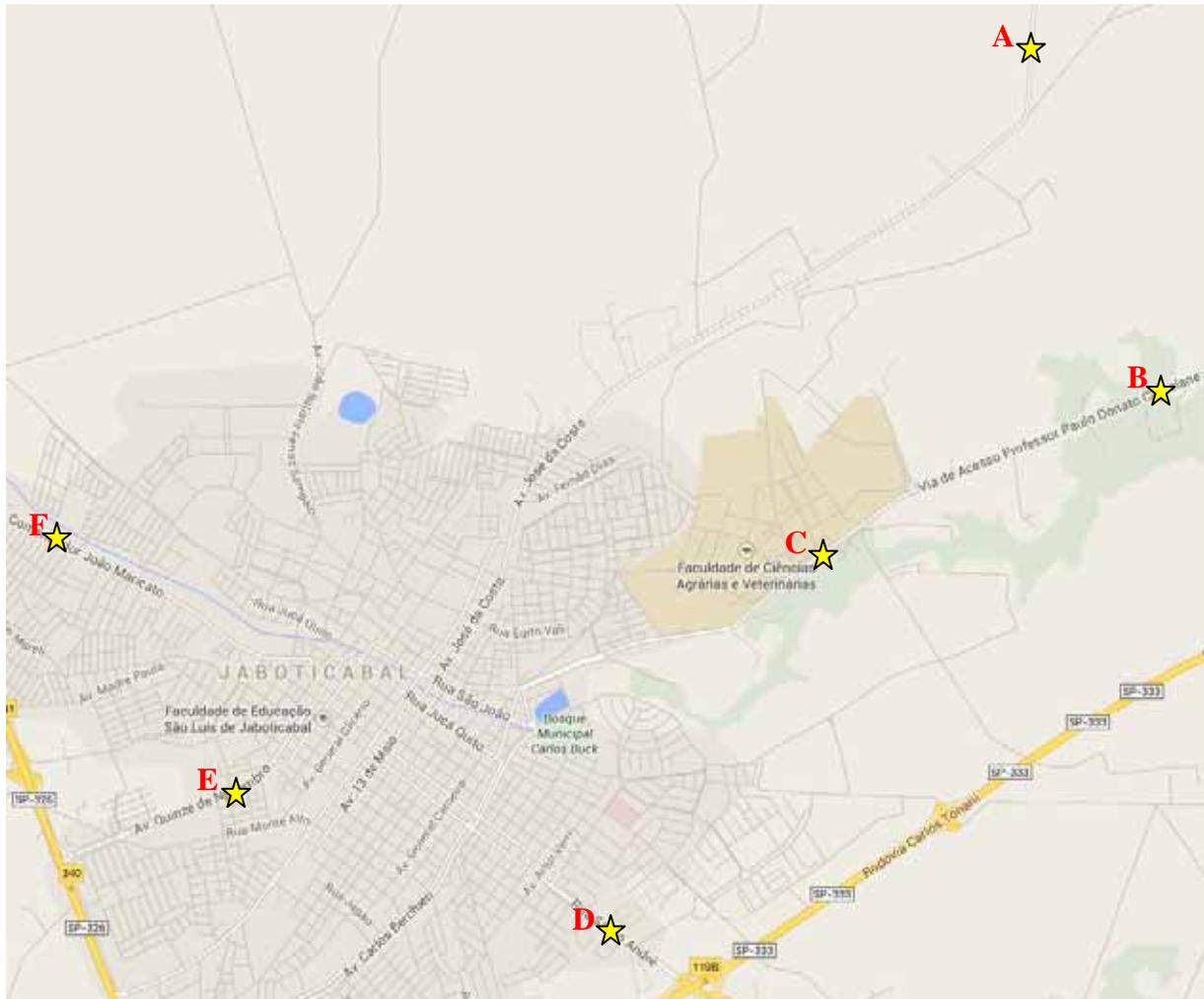


Figura 1. Mapa de localização dos pontos de amostragens (★), do município de Jaboticabal - SP, das 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*; Ponto A, 14 matrizes; B, 7 matrizes; C, 2 matrizes; D, 2 matrizes; E, 7 matrizes; F, 4 matrizes (Imagem: Google Earth).



Figura 2. Imagem de satélite de parte do município de Jaboticabal, SP, com os pontos de amostragem (★) das 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*; Ponto A, 14 matrizes; B, 7 matrizes; C, 2 matrizes; D, 2 matrizes; E, 7 matrizes; F, 4 matrizes. (Imagem: Google Earth).

Os frutos foram acondicionados em sacos de plástico preto, devidamente etiquetados, individualizados e identificados por árvore matriz e, posteriormente, transportados para o Laboratório de Sementes e Melhoramento Florestal do Departamento de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), Câmpus de Jaboticabal. Posteriormente, os frutos foram colocados para secar sob temperatura ambiente até iniciarem a abertura espontânea. Um aspecto do fruto maduro, parcialmente aberto e das sementes de *C. speciosa* pode ser observado nas Figuras

3 e 4. Dos frutos abertos foram extraídas as sementes, separadamente e devidamente identificadas por árvore matriz.

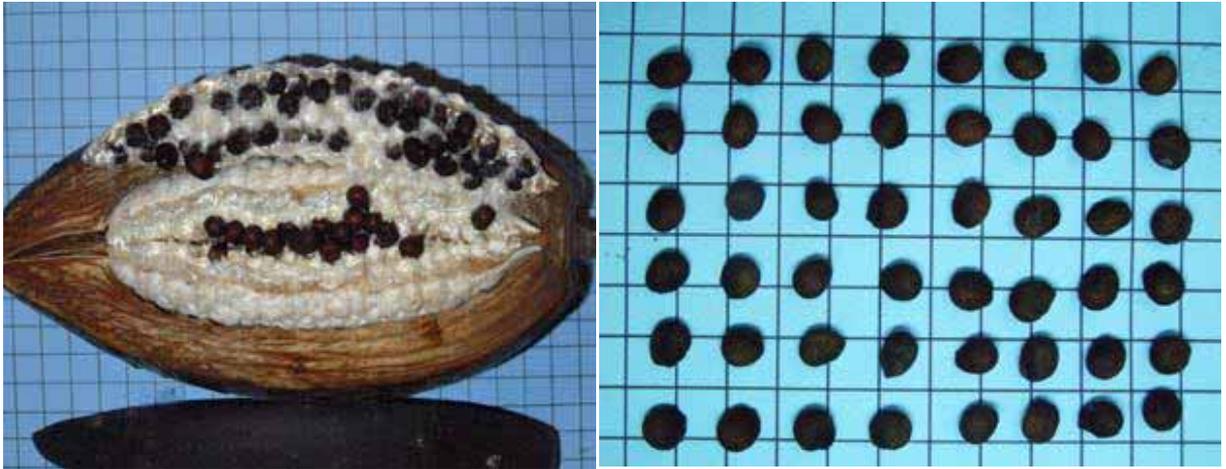


Figura 3. Aspecto do fruto parcialmente aberto e de sementes de *Ceiba speciosa*



Figura 4. Aspecto do fruto maduro, com coloração marrom e linhas de sutura.

### 3.2. Avaliação Biométrica de Frutos e Sementes

Em cinco frutos por árvore matriz, tomados aleatoriamente, 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, após a extração das sementes, à secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C por 96 h. Nas 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.



Figura 5. Esquema representativo com as medidas das sementes. À esquerda - vista lateral indicando o comprimento (a); à direita - vista superior indicando diâmetro maior (b) e diâmetro menor (c).

### 3.3. Teste de Germinação

O teste de germinação das sementes foi conduzido em caixas de plástico, transparente e com tampa, de 10,5 x 10,5 x 3 cm de dimensões, usando como substrato duas folhas de papel mata-borrão, sob temperatura constante de 27 °C, e com fotoperíodo de 8 h (FANTI; PEREZ, 2005), em quatro repetições de 25 sementes por árvore matriz, tomadas ao acaso. O substrato foi inicialmente umedecido com água destilada, em quantidade equivalente a três vezes a massa do papel não hidratado, e no decorrer do experimento houve a necessidade de reumedecimento dos mesmos.

O teste teve duração de 21 dias e a germinação foi avaliada diariamente com base no critério botânico, ou seja, a protrusão da radícula. Ao final do teste foram determinados a porcentagem de sementes germinadas e o índice de velocidade de germinação (IVG), obtido de acordo com Maguire (1962).

### **3.4. Teste de Envelhecimento Acelerado**

Aproximadamente 150 sementes, tomadas aleatoriamente de cada árvore matriz, foram submetidas ao envelhecimento acelerado pelo método descrito por Marcos Filho (1999), conduzido com a utilização de caixas de plástico (10,5 × 10,5 × 3,0 cm) como compartimento individual (mini-câmaras), 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 que se sobrepusessem. 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 à temperatura de 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 neste caso foi de 10 dias. As características avaliadas ao final do teste foram a porcentagem de germinação pelo critério botânico, ou seja, protrusão de radícula e o IVG.

### **3.5. Teste de Condutividade Elétrica**

O teste de condutividade elétrica foi conduzido a 25 °C, conforme recomendações básicas de Vieira e Kryzanowski (1999). Foram usadas quatro repetições de 40 sementes, cuja massa de matéria fresca foi previamente determinada em balança de precisão (0,001g), embebidas por 24 h em 75 mL de água desionizada, cuja condutividade elétrica era menor que 3  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . A condutividade elétrica da solução de embebição das sementes foi determinada com um condutímetro de bancada (constante 1) e os valores das leituras foram divididos pelos respectivos valores de massa de matéria fresca das sementes, expressando-se os resultados em  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$  de sementes.

### **3.6. Teste de Submersão**

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 desionizada 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 após 10 dias da implantação do teste.

### **3.7. Delineamento Experimental e Análises dos Dados**

#### **3.7.1. Análises de variância, comparação de médias, coeficiente de determinação genotípico e de repetibilidade e correlação entre caracteres**

Os dados biométricos de frutos e sementes foram submetidos à análise de variância, com um fator de variação, com 36 tratamentos (árvores matrizes) e com cinco repetições. As médias das árvores matrizes foram discriminadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Adicionalmente foram elaborados gráficos de frequência para cada uma das características avaliadas no conjunto das 36 matrizes.

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) e quatro repetições de 25 sementes para os testes de germinação e de envelhecimento acelerado e de 40 sementes para os testes de condutividade elétrica e de submersão. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Liliefors e, por apresentarem distribuição normal, não houve necessidade de transformação dos mesmos. As médias das árvores matrizes foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para todas as características avaliadas foi estimado o coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) e o coeficiente de repetibilidade (ou coeficiente de

correlação intraclasse -  $\rho$ ). 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:  $\sigma_g^2 = (QMM - QME)/r$ ;  $\sigma_f^2 = QMM/r$  e  $\sigma_e^2 = QME$ , 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 obtidas de acordo com Cruz e Carneiro (2003):  $H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} = \frac{(QMM - QME)}{QMM}$  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.

### 3.7.2. Divergência genética entre árvores matrizes

Para o estudo da divergência genética foram usados os dados das avaliações biométricas de frutos e sementes, do processo germinativo e de qualidade de sementes, a partir da distância euclidiana média ( $d_{ij}$ ) obtida pela seguinte expressão (CRUZ; CARNEIRO, 2003):

$$d_{ii'} = \sqrt{\frac{1}{v} \sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2} \quad \text{em que;}$$

$d_{ii'}$ : distância euclidiana média entre os genótipos  $i$  e  $i'$ ;

$Y_{ij}$ ,  $Y_{i'j}$ : médias do  $i$ -ésimo e do  $i'$ -ésimo genótipos em relação à  $j$ -ésima variável.

Em seguida, aos dados de distância obtidos, aplicou-se o método hierárquico de agrupamento de WARD, na tentativa de se estabelecer grupos de genótipos, e também pelo algoritmo de otimização de Tocher (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Para o algoritmo de Tocher, a formação dos grupos teve como critério o valor máximo da medida de dissimilaridade encontrado no conjunto das menores distâncias envolvendo cada árvore matriz, de tal forma que houvesse homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos.

Esses dois métodos foram empregados com o objetivo de melhor ilustrar a divergência e verificar a concordância dos resultados, possibilitando interpretação mais fidedigna aos resultados (OLIVEIRA et al., 2004).

Adicionalmente, foi feito o estudo da contribuição relativa dos caracteres para a divergência usando o método de Singh (1981), conforme citado em Cruz e Carneiro (2003).

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional GENES (CRUZ, 2006).

Acessos geneticamente diferentes foram identificados no dendrograma tomando como base a linha de Fenon que, segundo Souza et al. (1997), é o tracejo de uma linha perpendicular ao eixo do dendrograma no nível de 50%, no qual intercepta o número de ramos, sendo o número de ramos interceptados o número de grupamentos formados.

### **3.7.3. Número ótimo de árvores matrizes**

O número de árvores matrizes para a coleta de sementes, visando-se garantir a representatividade genética das mesmas, foi estimado a partir do método da máxima curvatura modificado (LESSMAN; ATKINS, 1963). Esse método é utilizado para determinação do tamanho de parcelas, considerando-se originalmente o coeficiente de variação experimental, mas de acordo com Cruz (2006), apresenta possibilidade de extrapolação para o caso em questão, em que se procura estabelecer o número ótimo de genótipos (famílias, clones, árvores matrizes, dentre outros) a partir de informações de estatísticas extraídas da própria experimentação. Consiste em representar a relação entre estas estatísticas (por exemplo, o coeficiente de variação, a herdabilidade e a variância genética) e o número de árvores matrizes, com o uso da equação de regressão do tipo  $Y = a/X^b$  (em que  $Y$  representa a estatística de interesse e  $X$  corresponde ao número de árvores matrizes). Assim, a partir da função de curvatura, determinou-se o valor da abscissa onde ocorre o ponto de máxima curvatura (MEIER; LESSMAN, 1971), por meio de:

$$X_{MC} = \left[ \frac{a^2 b^2 (2b - 1)}{(b - 2)} \right]^{\frac{1}{2-2b}}$$

em que:

$X_{MC}$  = valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde à estimativa do número ótimo de árvores matrizes;

$a$  = constante da regressão; e

$b$  = coeficiente de regressão.

Para a determinação do número ótimo de árvores matrizes, a partir do número máximo de árvores matrizes ( $g = 36$ ), tomou-se 10 amostras aleatórias de tamanho  $n$  ( $n \leq g$ ;  $n = 5, 6, \dots, 35$  árvores matrizes). Para cada um dos caracteres estudados, realizou-se a análise de variância. A partir das análises de variâncias para valores de número de árvores matrizes variando de 5 a 36, obteve-se estimativas dos quadrados médios de matrizes (QMM), do coeficiente de variabilidade genotípica (CVg) e do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), num processo de amostragem com reposição de dados, conforme descrito por Cruz (2006).

Conforme Cruz (2006), neste processo a equação  $Y = a/X^b$  é empregada admitindo ser  $Y$  representativo das estimativas do parâmetro usado e  $X$  os diferentes tamanhos de amostras, neste caso representando o número de árvores matrizes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Biometria de Frutos e Sementes

Houve diferenças significativas entre as árvores matrizes para todos os caracteres biométricos de frutos e sementes avaliados (Tabela 2). As estimativas do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) evidenciam grande variabilidade genética entre as árvores matrizes de *C. speciosa* e o coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), de média a alta magnitude, indica a confiabilidade da avaliação das árvores matrizes a partir do número de unidades medidas. A partir dessas duas estimativas verifica-se que a seleção e o melhoramento destas características são possíveis.

Tabela 2. Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), massa de matéria fresca (MFF) e seca de fruto (MSF), número de sementes por fruto (NSF), diâmetro de semente (DS), comprimento de semente (CS) e peso de 100 sementes (P100S) de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

FV	QUADRADOS MÉDIOS							
	CF	DF	MFF	MSF	NSF	DS	CS	P100S
	cm		g			mm		g
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
$H^2$	0,94	0,91	0,91	0,91	0,77	0,99	0,99	0,99
$\rho$	0,75	0,67	0,67	0,68	0,40	0,95	0,96	0,98

\*\* - Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Apesar do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) incluir efeitos não genéticos, suas altas estimativas indicam que boa parte da variabilidade nos caracteres biométricos seja controlada geneticamente. Dos caracteres avaliados, o número de sementes por fruto (NSF) apresentou a menor estimativa de  $H^2$  e o peso de 100 sementes (P100S) o maior. O coeficiente de determinação genotípico

representa o valor máximo que a herdabilidade no sentido amplo pode assumir (LOVATO; MARTINS, 1997). O coeficiente de repetibilidade 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 seja minimizada, o coeficiente de repetibilidade pode se igualar ao coeficiente de determinação genotípico. Mesmo para o NSF cujos coeficientes de determinação genotípico ( $H^2 = 0,770$ ) e de repetibilidade ( $\rho = 0,401$ ) 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.

A variabilidade entre as árvores matrizes é verificada, também, pela formação de grande número de grupos para a maioria das características pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (Tabela 3), o que reforça a possibilidade de identificação e seleção de plantas matrizes com frutos e, ou sementes com as características desejadas.

O comprimento médio do fruto na matriz 19 (19,7 cm) foi 117% superior ao da matriz 22 (9,1 cm), e o diâmetro médio foi 55% superior na matriz 13 (9,9 cm) em relação à matriz 12 (6,4 cm). Estes 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 houve a formação de quatro e cinco grupos de árvores matrizes, respectivamente, pelo teste de Scott-Knott (Tabela 3). Assim como Varela, Ferraz e Carneiro (1999), não foram encontrados registros na literatura com informações sobre a massa do fruto e número de sementes por fruto, para que fosse possível uma comparação com os dados obtidos no presente trabalho.

Tabela 3. Médias de comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF), massa de matéria fresca (MFF) e seca de fruto (MSF), número de sementes por fruto (NSF), diâmetro de semente (DS), comprimento de semente (CS) e peso de 100 sementes (P100S) de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

	CF	DF	MFF	MSF	NSF	DS	CS	P100S
	(cm)		(g)			(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	70,8 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

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A diferença entre a matriz com maior e com menor número de sementes por fruto foi de 429%, com a formação de dois grupos de matrizes. Esta 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 3). 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 esta variação não deve ser creditada apenas aos fatores ambientais, mas também pode indicar 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, seguido pelo comprimento, com 52%, e pelo diâmetro, com 35%. Foram formados 12 grupos para peso de 100 sementes, 11 grupos para comprimento e 10 para diâmetro (Tabela 3). 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, estando próximo ao valor médio (7.500 sementes) citado por Durigan et al. (2002) e superior ao reportado por Lorenzi (1998), de 5.700 unidades.

A árvore matriz 19 destaca-se com as maiores médias para as características de frutos (comprimento, massa fresca e massa seca), porém nenhuma árvore matriz se destacou em mais de uma característica das sementes.

A distribuição de frequência das características biométricas de frutos e sementes, no conjunto de todas as árvores matrizes, indica tendência à curva normal, exceto para massa fresca em que 90% dos frutos ocorreu nas duas primeiras classes de frequência. O comprimento e o diâmetro das sementes apresentam distorção da normalidade à direita, com maior frequência nas classes intermediária e imediatamente superior à esta; já o comprimento, massa seca e número de sementes por fruto apresentam distorção da normalidade à esquerda, com maior concentração na classe inferior à intermediária (Figura 5), o que indica uma maior uniformidade dos valores dessas características.

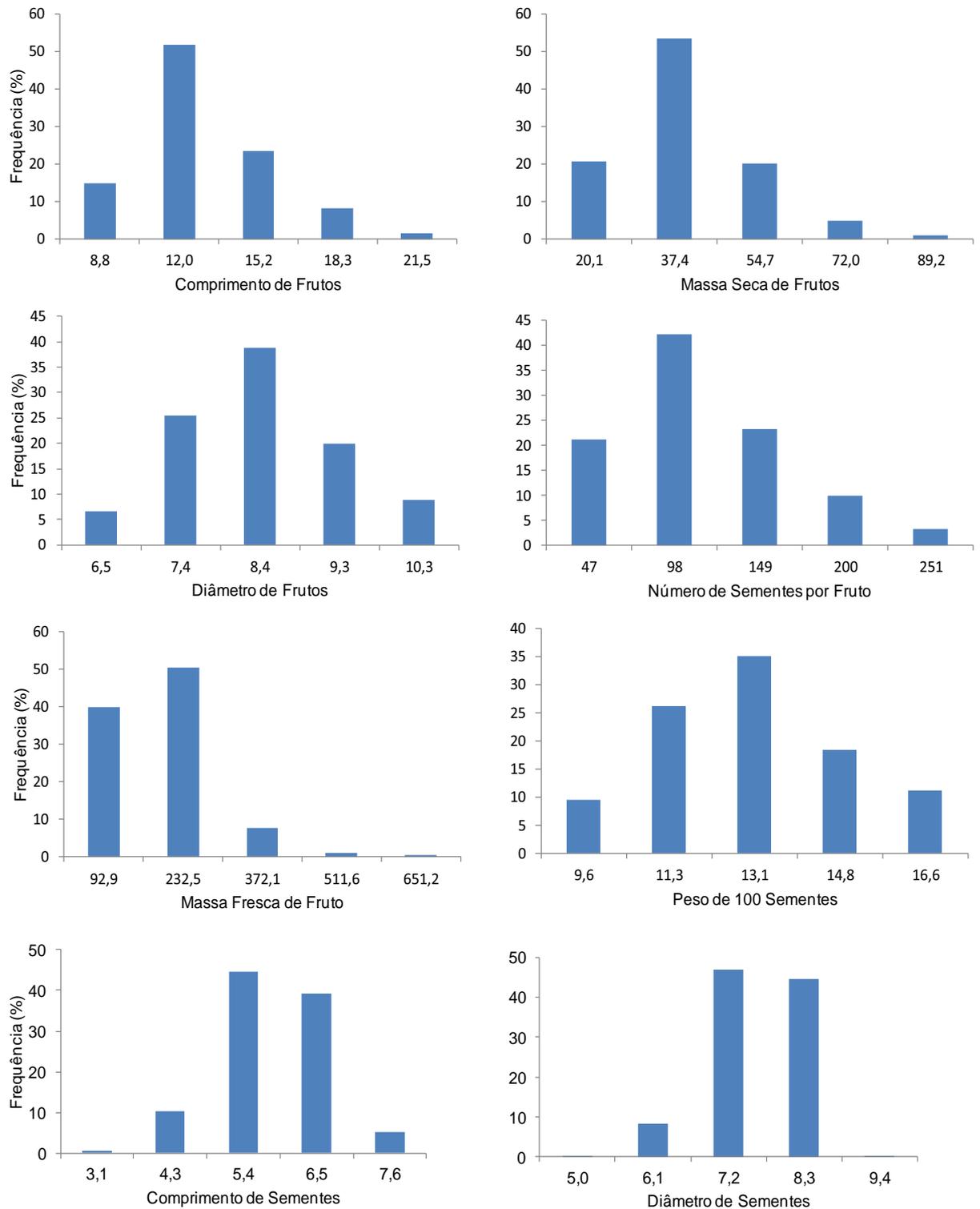


Figura 6. Frequência relativa das características biométricas de frutos e sementes de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

#### 4.2. Teste de Germinação e Envelhecimento Acelerado

Houve diferenças significativas ( $P \leq 0,01$ ) entre as árvores matrizes para porcentagem e índice de velocidade de germinação, tanto nas sementes não envelhecidas quanto nas envelhecidas (Tabela 4, Figuras 6 e 7), confirmando a alta variabilidade entre as matrizes estudadas. Assim como observado por Fanti e Perez (2003) a velocidade de germinação das sementes envelhecidas foi estatisticamente superior às não envelhecidas.

Com sementes não envelhecidas, as árvores matrizes foram divididas em cinco grupos para germinação e sete para o índice de velocidade de germinação. 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. Ou seja, apesar de apresentarem germinação semelhante estas matrizes germinam em velocidades distintas.

Tabela 4. Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para porcentagem (GER) e índice de velocidade de germinação (IVG), de sementes envelhecidas artificialmente (EA) e não envelhecidas, de *Ceiba speciosa* provenientes de diferentes matrizes.

FV	Quadrados Médios			
	Sementes não envelhecidas		Sementes envelhecidas	
	GER	IVG	GER-EA	IVG-EA
Bloco	41,73	0,65	49,39	10,50
Matrizes	3427,82**	4,88**	4.037,64**	28,14**
Erro	68,03	0,14	42,46	0,81
Média	72	2,34	67	4,53
CV(%)	11,48	15,95	9,73	19,83
$H^2$	0,98	0,97	0,99	0,97
$\rho$	0,93	0,89	0,96	0,89

\*\* - Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

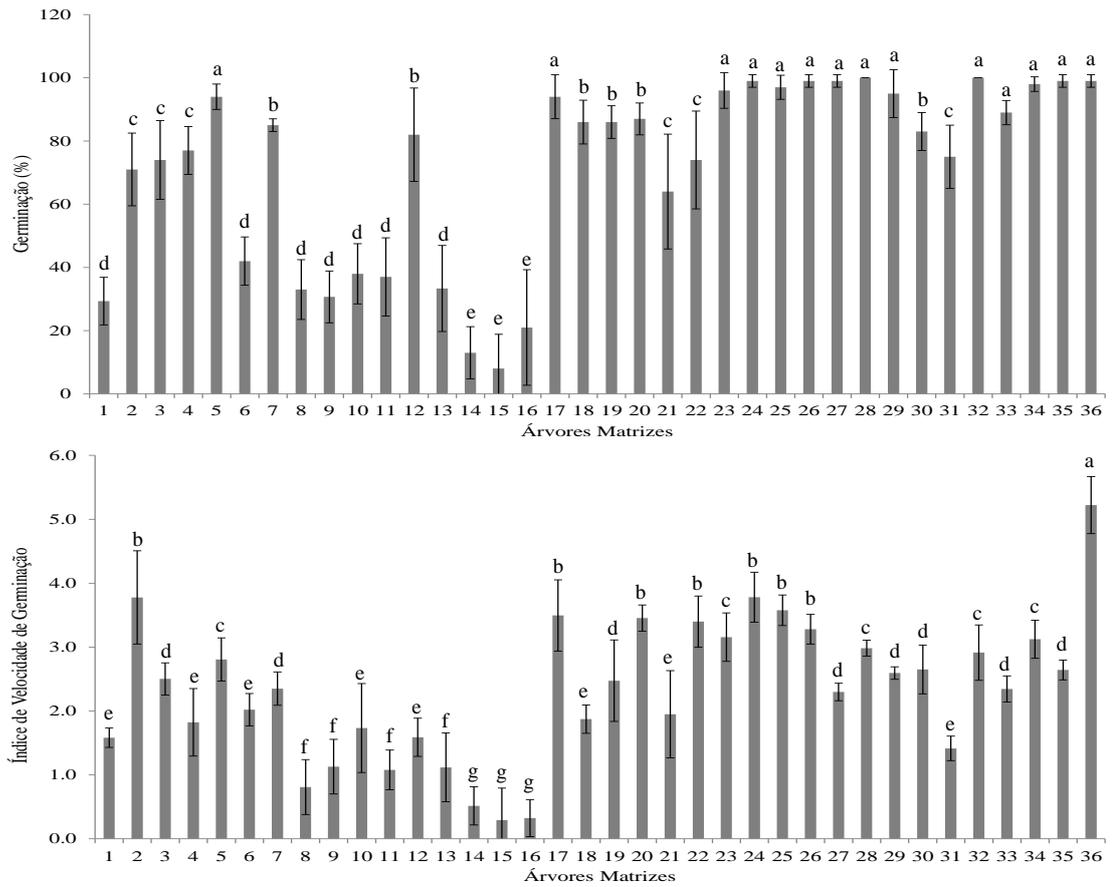


Figura 7. Porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

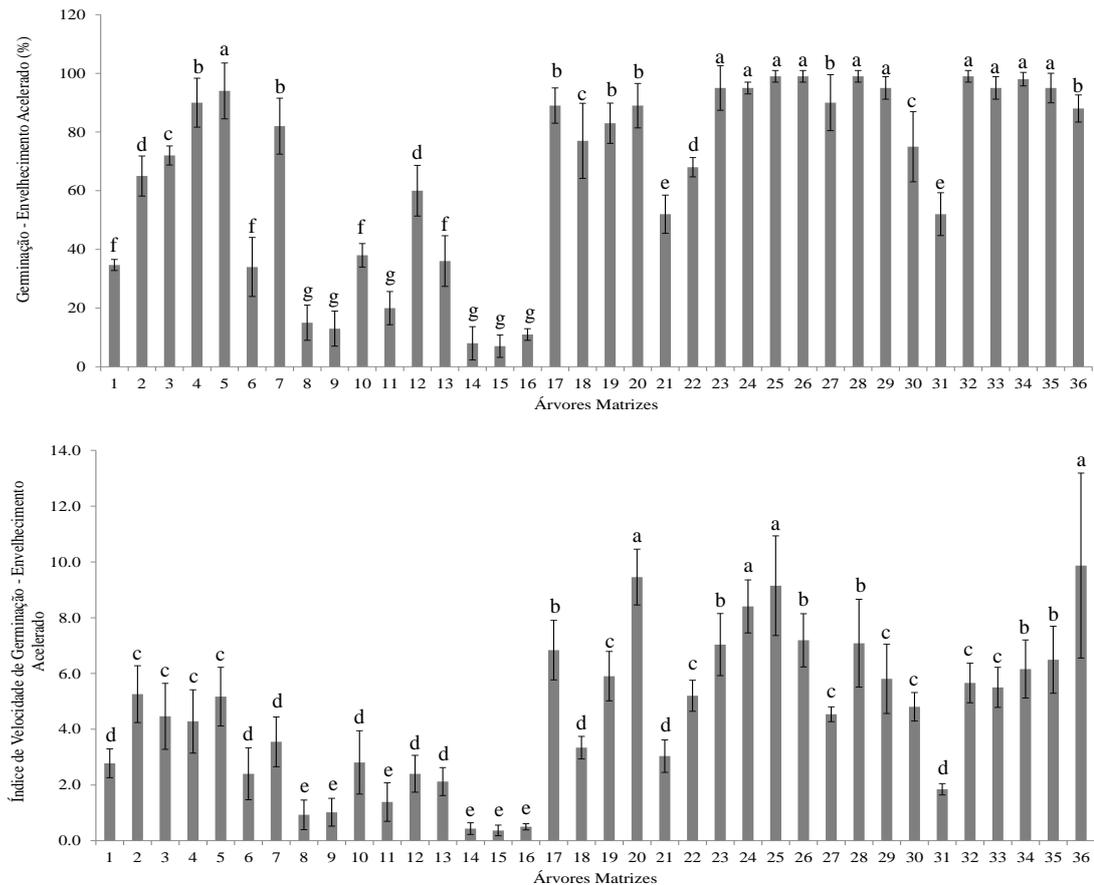


Figura 8. Porcentagem e índice de velocidade de germinação de sementes de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* após o envelhecimento acelerado a 45° C por 72 h. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com sementes envelhecidas houve a formação de sete grupos para germinação e cinco para o índice de velocidade de germinação. No grupo superior de germinação estão alocadas 11 matrizes com germinação variando de 94% (matriz 5) a 99% (matrizes 25, 26 e 28). Quatro matrizes aparecem no grupo superior de índice de velocidade de germinação, com valores entre 8,40 (matriz 24) a 9,87 (matriz 36), sendo que duas das quatro matrizes 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 das sementes envelhecidas, estão entre as 14 de maior germinação com sementes não envelhecidas e, podem ser consideradas

como as de melhor qualidade de sementes. O envelhecimento separou as árvores matrizes em maior número de grupos para a porcentagem de germinação, ao passo que para o índice de velocidade de germinação ocorreu o contrário, o que é facilmente entendido, haja vista que as sementes ao saírem do envelhecimento apresentam maior teor de água, adiantando o processo germinativo e, conseqüentemente, diminuindo o tempo para que a germinação ocorra. 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). Estes resultados diferem dos obtidos por Fanti e Perez (2005), em que as autoras recomendam que o teste de envelhecimento acelerado de sementes de *C. speciosa* seja conduzido a 45 °C por 72 h, por permitir diferenciação da qualidade de sementes desta espécie. Por outro lado, quanto à velocidade do processo germinativo, houve uma melhoria nas sementes envelhecidas, o que corrobora com os resultados obtidos das autoras acima.

O processo germinativo está sob baixa influência ambiental, com estimativas do coeficiente de determinação genotípico acima de 0,97 e com coeficiente de repetibilidade superior a 0,89, sendo possível a seleção, com confiabilidade, de árvores matrizes com melhor desempenho germinativo.

#### **4.3. Teste de Condutividade Elétrica e Submersão**

Para os testes de condutividade elétrica e submersão houve diferenças significativas entre as matrizes (Tabela 5). Os coeficientes de variação foram médios para condutividade elétrica e alto para germinação após submersão. Fanti e Perez (2005) estudando diferentes períodos de envelhecimento acelerado com sementes de *C. speciosa* observaram o mesmo padrão de comportamento nestes mesmos testes. Os valores de coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) e de repetibilidade ( $\rho$ ) apresentaram valores altos, o que indica que boa parte da variabilidade obtida para estas características seja controlada geneticamente e é possível obter boa precisão na identificação das plantas matrizes com as características desejadas.

Tabela 5. Quadrados médios, coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ), coeficiente de repetibilidade ( $\rho$ ), média e coeficiente de variação experimental (CV) para a germinação de sementes oriundas do teste de submersão (GER-SUB) e de condutividade elétrica (CE) após 24 horas de embebição das sementes a 25 ° C, em 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

FV	Quadrados Médios	
	GER-SUB (%)	CE ( $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ )
Bloco	969,38**	5,33**
Matrizes	770,44**	65,27**
Erro	93,80	2,21
Média	23	75,67
CV(%)	37,23	19,49
$H^2$	0,88	0,97
$\rho$	0,64	0,88

\*\* - Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Para o teste de submersão houve a formação de quatro grupos de médias, variando de 0% (matriz 15) a 59% (matriz 26); para o teste de condutividade elétrica houve a formação de seis grupos, com variação entre 13  $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , na árvore matriz 1, a 359  $\mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ , na árvore matriz 11 (Tabela 6). 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 observa, pois nem todas as matrizes com menores valores de condutividade elétrica estão entre as melhores taxas de germinação. Esses resultados indicam que não há concordância total entre os dois testes. Alguns autores, a exemplo de Torres (2002) e Tesser (2005), comentaram que o teste de condutividade não é o mais indicado para avaliação do vigor de sementes. No entanto, Santos e Paula (2009) concordam que quando conduzido por 24 h, o teste de condutividade elétrica consegue separar lotes de sementes mais contrastantes, no entanto sua eficiência é reduzida para discriminar lotes de vigor intermediários. Paula (2007), trabalhando com sementes de *Pterogyne nitens* Tul., verificou que o teste de condutividade elétrica foi adequado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de diferentes árvores matrizes.

Tabela 6. Médias de porcentagem de germinação de sementes oriundas do teste de submersão (GER-SUB) e de condutividade elétrica (CE) após 24 horas de embebição das sementes a 25 ° C, em 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

Árvore matriz	GER-SUB (%)	CE ( $\mu\text{s.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ )
1	4 d	13 a
2	5 d	80 b
3	16 c	105 b
4	26 b	62 b
5	35 b	28 a
6	11 c	25 a
7	13 c	182 c
8	10 c	35 a
9	2 d	89 b
10	5 d	24 a
11	6 d	359 f
12	26 b	34 a
13	17 c	96 b
14	1 d	266 e
15	0 d	131 c
16	1 d	267 e
17	13 c	32 a
18	27 b	25 a
19	48 a	40 a
20	11 c	97 b
21	6 d	73 b
22	7 d	263 e
23	51 a	42 a
24	34 b	19 a
25	34 b	42 a
26	59 a	24 a
27	54 a	22 a
28	57 a	17 a
29	54 a	19 a
30	23 b	16 a
31	17 c	18 a
32	50 a	22 a
33	29 b	39 a
34	28 b	34 a
35	30 b	29 a
36	20 c	58 b

Médias seguidas por uma mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A germinação das sementes foi reduzida para todas as árvores matrizes após o teste de submersão. Para Pandey (1992), a embebição de sementes de baixa qualidade por períodos prolongados pode resultar na morte das sementes, o que explica, por exemplo, a não germinação das sementes da árvore matriz 15 (M15). Um dos problemas da submersão das sementes em água é o dano por embebição rápida, notadamente para sementes com baixo teor de água, comprometendo o desempenho germinativo. De acordo com Wuebker, Mullen e Koehler (2001), vários mecanismos fisiológicos podem estar envolvidos com a queda na germinação de sementes após a submersão, como toxicidade por etanol, redução na disponibilidade de oxigênio e acúmulo de dióxido de carbono.

Sementes de baixa qualidade exibem maiores valores de condutividade elétrica pela liberação de maior quantidade de lixiviados na solução de embebição dada pela menor estruturação e seletividade das membranas celulares (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). De acordo com Loeffler, Tekrony e Egli (1988), os valores de condutividade elétrica estão associados ao estado fisiológico das sementes e aos níveis de germinação de cada espécie. Por outro lado, teoricamente, sementes mais vigorosas apresentam menores valores de condutividade. O material lixiviado é constituído por açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, enzimas e íons inorgânicos como  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  e  $Na^+$  (MARCOS FILHO, 2005). 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.

O uso do teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes florestais é visto por Bonner (1998) com grandes ressalvas, dada a grande variabilidade genética normalmente presente nos lotes de sementes destas espécies. Este autor considera que as diferenças genéticas entre os lotes estão entre as principais causas de dificuldade de padronização desse teste. Isto é especialmente importante para espécies selvagens, sem domesticação e

melhoramento. Também afirma que o teste de condutividade elétrica em sementes florestais dificilmente terá o mesmo desempenho do que em sementes de grandes culturas, mas que é uma ferramenta que pode auxiliar, em combinação com outros testes, na identificação de lotes de diferentes qualidades fisiológicas.

Conforme relatado por Santos (2004), 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 vêm sendo desenvolvido com a finalidade de se adaptar a metodologia para os diferentes tipos de espécies arbóreas, como coníferas, folhosas e grupos sucessionais (pioneiras secundárias e climácicas). Barbedo e Cícero (1998) verificaram que o teste de condutividade elétrica foi promissor para diferenciar lotes sementes de *Inga uruguensis* (Hook. & Arn.) Kuntze em três categorias de germinação, apresentando boa correlação com o teste de germinação

Tesser (2005) não encontrou resultados satisfatórios desse teste para a avaliação do vigor de lotes de sementes de *Solanum lycocarpum* St. Hil. e *S. granulosum-leprosum* St. Hil., embora para *S. pseudoquina* St. Hil. essa autora tenha obtido resultados promissores, relacionados ao teste de germinação. Essa mesma autora atribuiu à grande variabilidade genética dos lotes de sementes de *S. lycocarpum* e *S. granulosum-leprosum* a baixa correlação encontrada entre os resultados do teste de CE e de germinação.

#### **4.4. Correlação Entre Caracteres**

Entre os caracteres biométricos de frutos e sementes, a maior estimativa de correlação ( $r = 0,81$ ) ocorreu entre o diâmetro de sementes e o peso de 100 sementes, 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 associação inversa entre condutividade e desempenho germinativo. Já 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 7). 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 7. Estimativas de coeficientes de correlação entre os caracteres avaliados em 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

	DF	MFF	MSF	NSF	DS	CS	P100S	GER	IVG	GER-EA	IVG-EA	GER-SUB	CE
CF	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	-0,41
GER-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; GER-SUB – porcentagem de germinação de sementes no teste de submersão; CE – condutividade elétrica da solução de embebição de sementes.

Em outros estudos, também, foram observadas baixa correlação entre caracteres biométricos de frutos e sementes com o processo germinativo. Rêgo et al. (1991) observaram que sementes grandes de *Macadamia integrifolia* (Maiden & Betche) não apresentaram melhor desempenho germinativo que as pequenas. Também o tamanho das sementes não influenciou a germinação de *Caesalpinia echinata* (Lam.) (AGUIAR et al., 1996). A germinação total de *Clitoria fairchildiana* (Howard) não foi afetada pelo tamanho das sementes, porém, o vigor sim, em que as sementes grandes e médias originaram plântulas mais vigorosas (SILVA; CARVALHO, 2006). Alves et al. (2005) concluíram que o tamanho não influenciou a

germinação de *Mimosa caesalpinifolia* (Benth.), mas que este apresentou ligação direta com o vigor, da mesma forma para sementes de *Acacia senegal* (L.) Willd., que também não foi correlacionado sua germinação em relação ao tamanho (FERREIRA; TORRES, 2000). Gonzales, Paula e Valeri (2009) encontraram resultados semelhantes com sementes de *Albizia hasslerii* (Chodat) Burkart. em que a correlação entre os testes de condutividade elétrica e parâmetros de germinação atingiram valores semelhantes aos aqui encontrados.

#### **4.5. Divergência Genética Entre as Matrizes**

As árvores matrizes mais dissimilares (maiores distâncias), a partir dos caracteres avaliados (Tabela 8), são a 15 e a 36 (0,647), e as mais similares são a 14 e a 16 (0,064). A média das distâncias ente as árvores matrizes foi 0,334. De uma maneira geral, os genótipos mais indicados para iniciar um programa de melhoramento são os mais dissimilares, no entanto, deve ser realizada uma análise criteriosa de desempenho dos mesmos em relação às características de interesse (CRUZ; REGAZZI, 1994). Do ponto de vista de conservação genética, esses genótipos mais dissimilares também podem ser os mais interessantes, por representarem complementariedade de caracteres. Num contexto tanto da conservação quanto do melhoramento, genótipos similares podem ser descartados, pois são redundantes em suas características, promovendo a economia de recursos, espaço físico com área e infraestrutura necessária para a experimentação e, ou conservação.

Tabela 8. Distância geográfica e distância euclidiana média entre 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* a partir de características de frutos e sementes, desempenho germinativo e qualidade de sementes.

Matrizes	1	2	3	4	5	6	7	8
1		20	46	73	315	5300	5300	5300
2	0,258		25	52	335	5300	5300	5300
3	0,226	0,163		28	359	5300	5300	5300
4	0,296	0,263	0,174		387	5400	5400	5300
5	0,382	0,344	0,302	0,276		5000	5000	5000
6	0,238	0,258	0,240	0,275	0,414		13	25
7	0,262	0,204	0,146	0,182	0,252	0,309		12
8	0,203	0,325	0,296	0,300	0,424	0,167	0,311	
9	0,181	0,317	0,302	0,311	0,444	0,216	0,322	0,108
10	0,262	0,323	0,360	0,411	0,446	0,321	0,378	0,340
11	0,174	0,284	0,296	0,312	0,408	0,251	0,288	0,151
12	0,353	0,265	0,292	0,290	0,344	0,311	0,297	0,332
13	0,268	0,352	0,259	0,297	0,438	0,210	0,311	0,224
14	0,274	0,367	0,406	0,463	0,542	0,279	0,448	0,276
15	0,208	0,397	0,403	0,448	0,506	0,352	0,416	0,276
16	0,274	0,372	0,413	0,462	0,533	0,307	0,447	0,295
17	0,340	0,179	0,153	0,218	0,264	0,330	0,171	0,390
18	0,274	0,245	0,168	0,175	0,226	0,324	0,112	0,317
19	0,486	0,440	0,388	0,355	0,300	0,464	0,314	0,455
20	0,450	0,284	0,285	0,330	0,482	0,380	0,373	0,488
21	0,254	0,260	0,270	0,245	0,313	0,212	0,271	0,220
22	0,281	0,216	0,270	0,299	0,370	0,307	0,292	0,360
23	0,457	0,330	0,309	0,237	0,383	0,363	0,358	0,440
24	0,442	0,273	0,265	0,240	0,345	0,356	0,314	0,443
25	0,500	0,332	0,345	0,368	0,479	0,428	0,436	0,535
26	0,440	0,320	0,267	0,235	0,333	0,378	0,314	0,449
27	0,406	0,309	0,229	0,267	0,282	0,378	0,241	0,422
28	0,476	0,321	0,302	0,278	0,389	0,387	0,356	0,468
29	0,402	0,290	0,224	0,216	0,301	0,348	0,276	0,414
30	0,314	0,262	0,178	0,209	0,254	0,316	0,160	0,330
31	0,293	0,238	0,207	0,291	0,367	0,258	0,264	0,299
32	0,400	0,321	0,285	0,267	0,135	0,429	0,241	0,446
33	0,356	0,244	0,260	0,240	0,297	0,356	0,281	0,400
34	0,391	0,266	0,257	0,274	0,203	0,381	0,228	0,424
35	0,437	0,302	0,280	0,297	0,416	0,359	0,373	0,463
36	0,478	0,288	0,294	0,370	0,452	0,411	0,378	0,522

Continua...

Tabela 8. Distância geográfica e distância euclidiana média entre 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* a partir de características de frutos e sementes, desempenho germinativo e qualidade de sementes. (Continuação).

Matrizes	9	10	11	12	13	14	15	16
1	5300	5200	5200	5100	5100	5100	5100	5300
2	5300	5300	5200	5200	5200	5100	5100	5300
3	5300	5300	5300	5200	5200	5200	5100	5300
4	5300	5300	5300	5200	5200	5200	5200	5300
5	5000	5000	4900	4900	4900	4800	4800	5000
6	53	78	86	169	167	193	212	45
7	41	66	74	157	154	181	200	33
8	28	54	62	145	142	169	187	22
9		25	33	117	114	141	159	11
10	0,345		8	91	89	116	134	34
11	0,123	0,299		83	81	108	126	42
12	0,327	0,404	0,289		10	27	44	125
13	0,271	0,413	0,315	0,411		27	45	123
14	0,272	0,233	0,258	0,375	0,397		19	150
15	0,234	0,261	0,217	0,407	0,403	0,200		168
16	0,283	0,208	0,255	0,375	0,427	0,064	0,183	
17	0,396	0,434	0,376	0,307	0,353	0,499	0,504	0,505
18	0,324	0,378	0,289	0,277	0,318	0,450	0,409	0,445
19	0,501	0,567	0,483	0,432	0,437	0,628	0,598	0,637
20	0,479	0,504	0,486	0,386	0,424	0,537	0,587	0,549
21	0,235	0,343	0,230	0,263	0,337	0,342	0,359	0,341
22	0,356	0,231	0,320	0,367	0,425	0,368	0,387	0,347
23	0,455	0,522	0,447	0,333	0,452	0,559	0,598	0,559
24	0,453	0,520	0,447	0,316	0,430	0,558	0,594	0,565
25	0,531	0,555	0,520	0,378	0,526	0,573	0,636	0,577
26	0,473	0,527	0,457	0,367	0,426	0,582	0,606	0,585
27	0,451	0,501	0,427	0,314	0,376	0,542	0,547	0,551
28	0,484	0,545	0,467	0,311	0,460	0,568	0,615	0,574
29	0,435	0,493	0,417	0,309	0,388	0,535	0,557	0,540
30	0,355	0,447	0,345	0,348	0,297	0,500	0,481	0,509
31	0,302	0,406	0,295	0,187	0,312	0,357	0,389	0,373
32	0,462	0,457	0,414	0,314	0,461	0,551	0,522	0,541
33	0,396	0,406	0,351	0,228	0,465	0,453	0,467	0,437
34	0,446	0,464	0,410	0,278	0,442	0,521	0,522	0,520
35	0,464	0,513	0,464	0,313	0,450	0,520	0,575	0,524
36	0,525	0,558	0,527	0,439	0,456	0,599	0,647	0,614

Continua...

Tabela 8. Distância geográfica e distância euclidiana média entre 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* a partir de características de frutos e sementes, desempenho germinativo e qualidade de sementes. (Continuação).

Matrizes	17	18	19	20	21	22	23	24
1	5200	5200	3700	571	420	1900	2800	2800
2	5300	5300	3700	590	423	1900	2800	2800
3	5300	5300	3800	614	425	1900	2800	2800
4	5300	5300	3800	636	440	1800	2800	2800
5	5000	5000	3400	365	430	2200	3100	3100
6	68	103	1700	5100	5000	6700	8100	8100
7	56	98	1700	5000	5000	6700	8100	8100
8	44	93	1700	5000	5000	6700	8100	8100
9	17	82	1600	5000	5000	6700	8100	8100
10	13	80	1600	5000	4900	6600	8000	8000
11	20	82	1600	5000	4900	6600	8000	8000
12	102	129	1500	4900	4900	6600	8000	8000
13	100	133	1500	4900	4900	6600	8000	8000
14	127	156	1500	4900	4800	6500	7900	7900
15	146	171	1500	4800	4800	6500	7900	7900
16	23	76	1600	5000	5000	6700	8100	8100
17		72	1600	5000	5000	6600	8100	8100
18	0,190		1600	5000	4900	6600	8000	8000
19	0,348	0,308		3400	3500	5300	6600	6600
20	0,266	0,386	0,536		795	2500	3200	3200
21	0,317	0,299	0,440	0,435		1900	3100	3100
22	0,311	0,307	0,513	0,390	0,282		1800	1800
23	0,294	0,343	0,465	0,306	0,348	0,365		31
24	0,201	0,313	0,415	0,241	0,342	0,365	0,133	
25	0,325	0,431	0,593	0,242	0,438	0,408	0,221	0,204
26	0,240	0,295	0,416	0,326	0,374	0,374	0,139	0,148
27	0,204	0,203	0,293	0,373	0,396	0,420	0,324	0,271
28	0,265	0,334	0,453	0,284	0,393	0,407	0,127	0,124
29	0,201	0,239	0,388	0,315	0,354	0,367	0,183	0,163
30	0,161	0,150	0,280	0,385	0,318	0,352	0,339	0,283
31	0,265	0,255	0,430	0,354	0,294	0,383	0,376	0,331
32	0,240	0,194	0,292	0,445	0,357	0,361	0,336	0,304
33	0,266	0,268	0,460	0,359	0,273	0,271	0,229	0,240
34	0,211	0,249	0,296	0,398	0,305	0,362	0,328	0,265
35	0,290	0,374	0,540	0,246	0,358	0,385	0,210	0,196
36	0,228	0,399	0,518	0,204	0,451	0,413	0,317	0,216

Continua...

Tabela 8. Distância geográfica e distância euclidiana média entre 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* a partir de características de frutos e sementes, desempenho germinativo e qualidade de sementes. (Continuação).

Matrizes	25	26	27	28	29	30	31	32
1	5600	5100	5000	5000	4900	4900	4800	5500
2	5600	5100	5000	4900	4900	4800	4800	5500
3	5500	5000	5000	4900	4900	4800	4800	5500
4	5500	5000	4900	4900	4800	4800	4700	5500
5	5900	5400	5300	5300	5200	5200	5100	5700
6	9800	9500	9400	9400	9300	9200	9200	8500
7	9800	9400	9400	9300	9300	9200	9200	8500
8	9800	9400	9400	9300	9300	9200	9200	8500
9	9800	9400	9400	9300	9200	9200	9100	8500
10	9800	9400	9300	9300	9200	9200	9100	8500
11	9800	9400	9300	9300	9200	9200	9100	8500
12	9700	9300	9300	9200	9100	9100	9000	8400
13	9700	9300	9300	9200	9100	9100	9000	8400
14	9700	9300	9200	9200	9100	9100	9000	8400
15	9700	9300	9200	9200	9100	9100	9000	8400
16	9800	9400	9400	9300	9200	9200	9100	8500
17	9800	9400	9300	9300	9200	9200	9100	8500
18	9700	9400	9300	9300	9200	9200	9100	8400
19	8600	8200	8200	8100	8100	8000	8000	7700
20	6100	5600	5600	5500	5500	5400	5400	6100
21	5500	5100	5000	5000	4900	4900	4800	5300
22	3700	3200	3100	3100	3000	3000	2900	3900
23	3800	3300	3300	3200	3200	3100	3100	5000
24	3800	3300	3300	3200	3200	3100	3100	5000
25		519	576	630	677	722	3100	2400
26	0,251		60	117	177	222	284	2500
27	0,380	0,241		57	119	163	224	2500
28	0,184	0,136	0,258		66	107	168	2500
29	0,259	0,098	0,168	0,133		46	109	2500
30	0,427	0,264	0,188	0,324	0,220		63	2500
31	0,380	0,362	0,254	0,331	0,287	0,283		2500
32	0,425	0,278	0,212	0,320	0,241	0,243	0,345	
33	0,273	0,249	0,307	0,239	0,229	0,325	0,297	0,245
34	0,384	0,289	0,221	0,305	0,259	0,256	0,292	0,173
35	0,138	0,239	0,332	0,191	0,229	0,380	0,301	0,383
36	0,242	0,278	0,340	0,275	0,280	0,339	0,379	0,421

Continua...

Tabela 8. Distância geográfica e distância euclidiana média entre 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa* a partir de características de frutos e sementes, desempenho germinativo e qualidade de sementes. (Continuação).

Matrizes	33	34	35	36
1	5500	5400	5300	1500
2	5500	5400	5300	1500
3	5400	5400	5200	1500
4	5400	5300	5200	1400
5	5700	5600	5500	1800
6	8500	8500	8400	6600
7	8500	8500	8400	6600
8	8500	8400	8400	6600
9	8500	8400	8400	6500
10	8400	8400	8300	6500
11	8400	8400	8300	6500
12	8400	8300	8300	6400
13	8400	8300	8300	6400
14	8400	8300	8300	6400
15	8400	8300	8300	6400
16	8500	8400	8400	6500
17	8500	8400	8300	6500
18	8400	8400	8300	6500
19	7600	7600	7500	5100
20	6000	6000	5800	2000
21	5300	5200	5100	1600
22	3900	3800	3700	531
23	4900	4900	4700	1600
24	4900	4900	4700	1600
25	2400	2300	2300	4100
26	2500	2400	2300	3600
27	2500	2400	2300	3600
28	2500	2400	2300	3500
29	2400	2400	2300	3500
30	2400	2400	2300	3400
31	2400	2400	2300	3300
32	32	115	238	4400
33		85	208	4400
34	0,235		123	4300
35	0,236	0,325		4200
36	0,377	0,367	0,268	

É possível observar que as árvores matrizes mais similares estão localizadas a uma distância geográfica inferior a 200 m, como as árvores matrizes 14 e 16, distantes 150 m entre si. Isso pode indicar que estas estejam trocando material genético, ou são aparentadas. Da mesma forma, as árvores matrizes mais dissimilares estão localizadas a uma distância superior a 1.600 m entre si, a exemplo das árvores matrizes 15 e 36, distantes 6.400 m.

No entanto, apenas com a análise de distâncias entre os pares de árvores matrizes, não é possível determinar quais são as mais ou menos similares, o que torna necessário adotar uma análise de agrupamento (PAULA, 2007). Desse modo, a análise de agrupamento tem por finalidade reunir os genótipos em grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os mesmos (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

O número de grupos e a composição de cada um pelo método de Tocher em relação às 36 árvores matrizes, no conjunto das 14 características estudadas, são apresentados na Tabela 9. Houve a formação de oito grupos, o que evidencia a divergência entre o material estudado. O grupo I é constituído por nove matrizes, representando 25% das matrizes avaliadas; o grupo II, o maior deles, conta com 18 matrizes (50%); o grupo III é constituído por três matrizes (8,33%); o grupo IV conta com duas matrizes (5,55%); e os grupos V, VI, VII e VIII formam grupos constituídos por apenas uma árvore matriz (2,78%).

Tabela 9. Grupos estabelecidos pelo Método de Otimização de Tocher, com base em características resultantes da avaliação biométrica de frutos e sementes e dos testes de vigor de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

Grupo	Árvores matrizes
I	14, 16, 15, 10, 1, 11, 9, 8, 6
II	26, 29, 28, 24, 23, 35, 25, 33, 17, 4, 3, 27, 30, 18, 7, 2, 34, 32
III	12, 31, 21
IV	20, 36
V	22
VI	13
VII	5
VIII	19

O agrupamento promovido pelo método de Ward em relação às 36 árvores matrizes estudadas, no conjunto das 14 características avaliadas, pode ser visualizado na Figura 8. Considerando a linha de corte corresponde a 50% da distância máxima entre as árvores matrizes, observa-se a formação de oito grupos, número igual ao formado pelo método de Tocher. Os grupos I e II são formados por 2 matrizes, com 5,56% das matrizes estudadas; o grupo III é constituído por sete matrizes (19,44%); o grupo IV constitui-se por cinco matrizes (13,89%); os grupos V, VI e VIII são formados por quatro matrizes cada (11,11%); o grupo VII é constituído por oito matrizes, formando o grupo mais numeroso, com 22,22% das matrizes.

De acordo com o agrupamento promovido pelos métodos de Ward e de Tocher, e considerando a localização geográfica das árvores matrizes na área de amostragem, nota-se que a matriz 19, que se apresentava isolada das demais matrizes, associou-se às matrizes 5, 32 e 34 pelo método de Ward, mas manteve-se isolada pelo método de Tocher. Também é possível notar que algumas matrizes, como a 14 e 16, possuem proximidade geográfica e mantiveram-se associadas por ambos os métodos. O fato de árvores matrizes pertencentes ao mesmo ponto de amostragem estarem distribuídas em grupos distintos indica que árvores situadas próximas entre si podem não apresentar um alto grau de parentesco ou similaridade, evidenciando a presença de variabilidade genética (FLÁVIO, 2010).

Esse fato também pode ser observado ao se analisar, pelo método de Ward, o grupo VII, que contém 22,22% das árvores matrizes, que estão localizadas em três pontos distintos de amostragem, demonstrando que estas árvores podem ter sido originadas de matrizes distintas; enquanto o grupo III, que contém sete árvores, seis delas estão localizadas no mesmo ponto de coleta, o que pode indicar um alto grau de parentesco ou que estas estejam trocando material genético.

Desta forma, é possível notar que árvores matrizes relativamente distantes, em termos geográficos, são agrupadas a outras com características similares. E o inverso também ocorre em que plantas próximas, geograficamente, divergem no conjunto de suas características. Deste modo, deve-se ter a atenção voltada para estes fatos no momento da coleta de sementes para a formação de mudas em trabalhos de recomposição e, ou conservação e melhoramento genético (PAULA, 2007).

Para trabalhos de conservação e melhoramento genético de espécies, deve-se coletar sementes de árvores matrizes pertencentes a grupos distintos, de modo que se otimize a variabilidade e base genética. No caso da conservação genética, as maiores médias não são prioridade, deve-se optar pela coleta de sementes de várias matrizes de forma equitativa, misturando-as para formar um único lote composto de sementes (PANTOJA, 2007).

Estudos de divergência genética, a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes e do processo germinativo, com outras espécies arbóreas revelam bom padrão de diversidade genética entre estas. Por exemplo, Farias Neto e Oliveira (2002) em estudo com 20 acessos de *Astrocaryum vulgare* Mart. por meio de oito caracteres de frutos, agruparam as matrizes em três grupos pelo método de Tocher. Arriel et al. (2004), estudando a divergência entre 34 matrizes de *Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm. por meio de 15 caracteres biométricos de frutos e sementes e bioquímicos de sementes, identificaram a formação de 10 grupos. Sano et al. (1999), a partir de nove caracteres morfológicos de frutos e sementes, avaliados em seis populações de *Dypteryx alata* Vog. verificaram a formação de cinco grupos. Outros trabalhos com espécies arbóreas relatam a coincidência na formação de alguns grupos ao se adotar processos diferentes de agrupamento (NASCIMENTO FILHO et al., 2001; ALVES et al., 2003).

Outro aspecto importante em estudos de divergência genética é o conhecimento da importância relativa que os caracteres avaliados desempenham na diversidade encontrada. Isto posto, a importância de cada característica para a divergência genética, pelo método de Singh é apresentada na Tabela 10.

As características com maiores contribuições relativas para a análise da diversidade das matrizes foram as de germinação no teste de envelhecimento acelerado (12,9%), teste de germinação (10,9%) e de teste de submersão (9,5%) e índice de velocidade de germinação após envelhecimento acelerado (8,4%). Já as características que menos contribuíram para a divergência das matrizes foram a massa fresca de frutos (4,3%), a massa seca de frutos (5,1%) e índice de velocidade de germinação (5,4%) de sementes não envelhecidas.

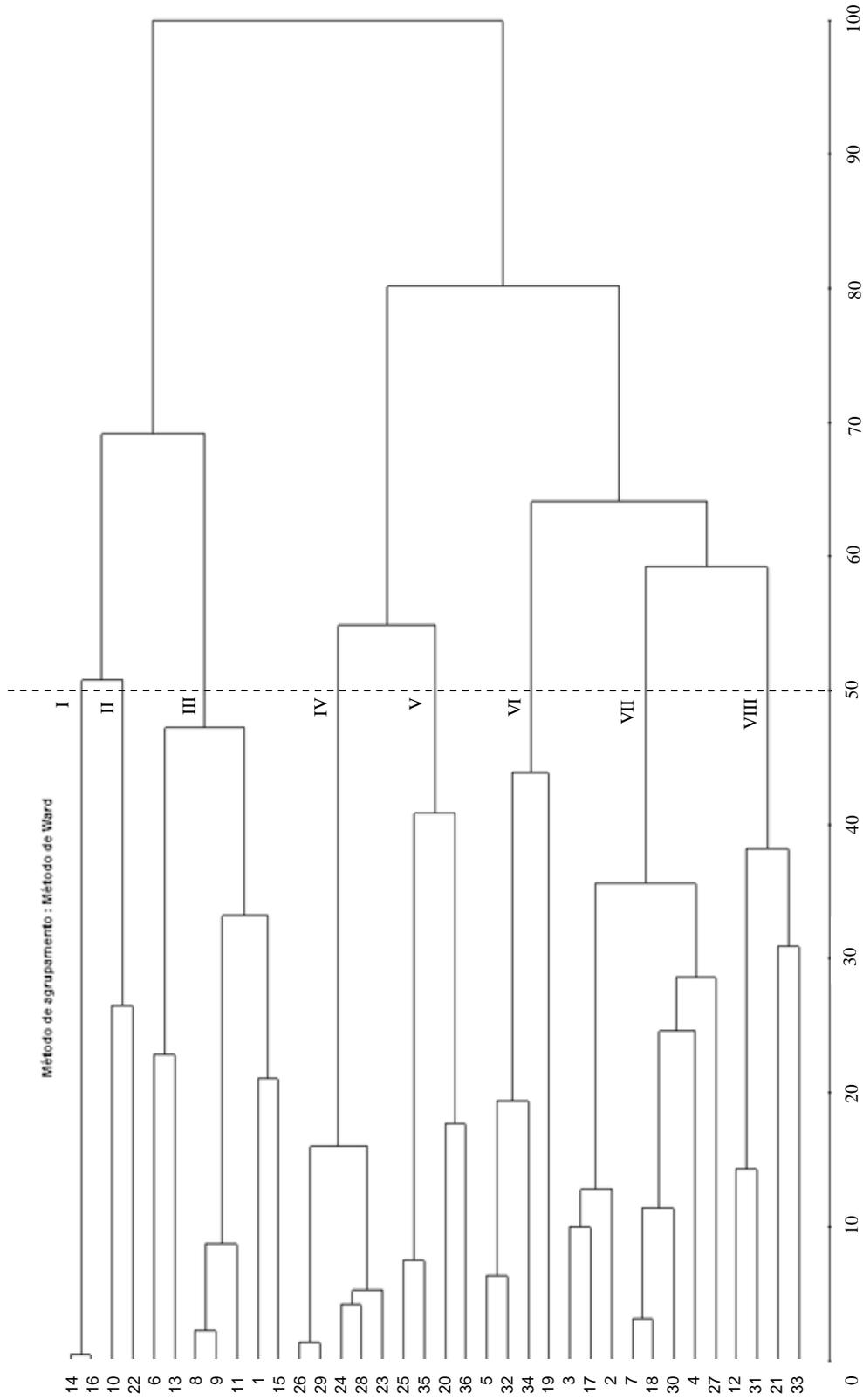


Figura 9. Dendrograma representativo do agrupamento de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*, obtido pelo método de Ward a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes e parâmetros da qualidade fisiológica das sementes.

Tabela 10. Contribuição relativa dos caracteres biométricos de frutos e sementes, do processo germinativo e de qualidade fisiológica de sementes no estudo de divergência genética de 36 árvores matrizes de *Ceiba speciosa*.

Característica	Importância Relativa (%)
GER-EA	12,9
GER	10,9
GER-SUB	9,5
IVG-EA	8,4
CS	7,4
CE	6,6
P100S	6,4
NSF	6,0
DF	5,9
CF	5,7
DS	5,5
IVG	5,4
MSF	5,1
MFF	4,3

GER- germinação; GER-EA- germinação após envelhecimento acelerado; IVG- índice de velocidade de germinação; IVG-EA- índice de velocidade de germinação após envelhecimento acelerado; CF, DF, MFF, MSF, NSF- comprimento, diâmetro, massa fresca, massa seca e número de sementes por fruto; DS, CS, P100S- diâmetro, comprimento e peso de 100 sementes; CE- condutividade elétrica; GER-SUB – germinação após teste de submersão.

Nota-se, em ordem inversa de importância, as seguintes variáveis: massa fresca de frutos, massa seca de frutos, índice de velocidade de germinação, diâmetro de sementes, comprimento e diâmetro de frutos, número de sementes por fruto, peso de 100 sementes, teste de condutividade elétrica, comprimento de sementes, índice de velocidade de germinação após envelhecimento acelerado, teste de submersão, teste de germinação e teste de germinação após envelhecimento acelerado.

Os caracteres biométricos de frutos e sementes representam 64,3% dos caracteres estudados, e contribuem com 51,7% da variabilidade dos dados no estudo da divergência. Por outro lado, apenas quatro caracteres (28,6% dos caracteres avaliados) do processo germinativo, provenientes de sementes envelhecidas ou não envelhecidas e do teste de submersão, explicam 41,7% da divergência genética entre as 36 árvores matrizes de *C. speciosa*, sendo por isto os mais importantes para o estudo da diversidade entre as mesmas.

Arriel et al. (2004) estudando a divergência entre 39 matrizes de *Cnidocolus phyllacanthus* quanto a nove caracteres biométricos de frutos e sementes, concluíram que o comprimento de frutos, o número e massa fresca de sementes por fruto e a massa fresca do pericarpo foram os caracteres mais importantes neste estudo. Sano et al. (1999) estudando a diversidade morfológica de frutos e sementes de *Dypteryx alata*, concluíram que as nove características estudadas foram importantes para a formação dos grupos, porém com destaque para a massa fresca e a largura de frutos e a massa fresca de sementes.

Farias Neto e Oliveira (2002) estudando a divergência genética entre 20 acessos de *Astrocaryum vulgare* Mart. por meio de oito caracteres de frutos, verificaram que os caracteres que mais contribuíram para a divergência foram a massa de matéria fresca de frutos e de polpa; a espessura da amêndoa foi a característica que menos contribuiu para a variação total.

No presente estudo, o índice de velocidade de germinação apresenta baixa contribuição para a divergência e é altamente correlacionado com o índice de velocidade de germinação após o envelhecimento acelerado; o teste padrão de germinação apresenta alta correlação com os testes de envelhecimento acelerado e de submersão. De acordo com Cruz e Carneiro (2003), características que apresentem baixa variabilidade ou que são altamente correlacionadas com outras, podem ser descartadas em estudos de divergência genética.

A redução do número de caracteres, por eliminação daqueles que pouco contribuem para a descrição dos acessos no melhoramento genético, torna o processo menos oneroso, propiciando economia de tempo e recursos materiais, ao mesmo passo que disponibiliza informações para a conservação da espécie em estudo, sem que haja perda de informações para o estudo de divergência (ALVES et al., 2003; ARRIEL et al., 2004; PAULA, 2007).

#### **4.6. Número de Árvores Matrizes Para Coleta de Sementes**

As estimativas do número ótimo de árvores matrizes de *C. speciosa* ( $X_{MC}$ ) para coleta de sementes, visando-se representatividade genética das 36 árvores matrizes inicialmente utilizadas, a partir dos caracteres estudados, variaram pouco

dentro de cada característica (Tabela 11). O número ótimo de árvores matrizes para a porcentagem de protrusão de radícula (GER), variou de 5, a partir das estimativas do coeficiente de determinação genotípico, a 8 pelas estimativas do coeficiente de variabilidade genotípico; analisando-se essa mesma característica após o envelhecimento acelerado (GER-EA) observa-se uma variação menor (5 e 6); ao se observar o índice de velocidade de germinação, antes e após o envelhecimento acelerado, o número ótimo variou de 6 a 9 e 2 a 5, respectivamente; para o teste de condutividade elétrica, a variação foi de 9, a partir das estimativas do coeficiente de determinação genotípico, a 12 pelas estimativas do coeficiente de variabilidade genotípico; já para o teste de submersão, a variação foi de 5 para coeficiente de variabilidade genotípico a 6 para o coeficiente de determinação genotípico.

Quando se analisam as características biométricas de frutos e sementes, é possível notar que para todas os caracteres de fruto o número ótimo de árvores matrizes é, em média, 7, para o coeficiente de determinação genotípico e 5 para o coeficiente de variabilidade genotípica; para as características de sementes essa média é ainda menor, em que apenas 3 árvores matrizes seriam suficientes para representar a variabilidade genética.

Ao se comparar o número ótimo de árvores matrizes com o número de grupos formados, pode-se notar que existe concordância entre os dados, pois houve a formação de oito grupos divergentes, e o número mínimo de árvores matrizes varia entre 1 (diâmetro e comprimento de sementes) a 16 (condutividade elétrica).

Silva et al. (2003) estudando clones de *Eucalyptus sp.*, em parcelas originais de 25 plantas, observaram que para as características de altura e DAP, o número ótimo de árvores, com base no método da máxima curvatura é, em média, de 3,2 plantas, com alguns valores variando de 1 a 6,4. Cargnelutti Filho et al. (2011) em seu trabalho com dados de produtividade de híbridos de *Zea may*, em 48 ensaios, determinaram que o tamanho ótimo de parcela é de seis unidades básicas experimentais. Vieira e Silva (2008) encontraram números superiores em seu trabalho com *Daucus carota*, em que 13 plantas por parcela são consideradas o número ótimo.

Tabela 11. Número ótimo de árvores matrizes de *Ceiba speciosa* ( $X_{MC}$ ), pelo método da máxima curvatura modificado, obtidos a partir das estimativas da raiz quadrada do quadrado médio de matrizes ( $QMM\frac{1}{2}$ ), do coeficiente de variabilidade genotípica (CVg), e do coeficiente de determinação genotípico ( $H^2$ ) para as características avaliadas.

		QMM $\frac{1}{2}$	CVg	H <sup>2</sup>
CF	Regressão	4,906 x <sup>-1,396</sup>	29,687 x <sup>-1,612</sup>	149,583 x <sup>-2,069</sup>
	$X_{MC}$	2,28 (3)	4,53 (5)	6,73 (7)
DF	Regressão	1,692 x <sup>-1,532</sup>	9,462 x <sup>-1,508</sup>	20,028 x <sup>-1,252</sup>
	$X_{MC}$	1,59 (2)	2,96 (3)	4,25 (5)
MFF	Regressão	196,813 x <sup>-1,241</sup>	8,849 x <sup>-0,751</sup>	35,331 x <sup>-1,639</sup>
	$X_{MC}$	11,81 (12)	2,87 (3)	4,80 (5)
MSF	Regressão	7,564 x <sup>-1,034</sup>	48,683 x <sup>-1,602</sup>	498,407 x <sup>-2,501</sup>
	$X_{MC}$	2,75 (3)	5,49 (6)	7,97 (8)
NSF	Regressão	68,594 x <sup>-1,543</sup>	58,937 x <sup>-1,631</sup>	667,288 x <sup>-2,327</sup>
	$X_{MC}$	6,43 (7)	5,85 (6)	9,47 (10)
DS	Regressão	0,283 x <sup>-1,045</sup>	1,731 x <sup>-1,152</sup>	13,978 x <sup>-2,046</sup>
	$X_{MC}$	0,55 (1)	1,39 (2)	3,12 (4)
CS	Regressão	0,516 x <sup>-1,184</sup>	2,667 x <sup>-1,027</sup>	1,375 x <sup>-1,281</sup>
	$X_{MC}$	0,81 (1)	1,64 (2)	1,30 (2)
P100S	Regressão	30,635 x <sup>-2,174</sup>	96,948 x <sup>-2,122</sup>	20,031 x <sup>-2,340</sup>
	$X_{MC}$	3,90 (4)	5,72 (6)	3,29 (4)
GER	Regressão	69,796 x <sup>-1,584</sup>	234,199 x <sup>-2,034</sup>	43,721 x <sup>-2,101</sup>
	$X_{MC}$	6,36 (7)	7,92 (8)	4,46 (5)
IVG	Regressão	3,433 x <sup>-1,465</sup>	204,771 x <sup>-1,903</sup>	114,241 x <sup>-2,244</sup>
	$X_{MC}$	1,97 (2)	8,09 (9)	5,74 (6)
GER-EA	Regressão	55,411 x <sup>-1,381</sup>	32,84 x <sup>-1,151</sup>	33,276 x <sup>-2,172</sup>
	$X_{MC}$	6,36 (7)	5,47 (6)	4,01 (5)
IVG-EA	Regressão	3,808 x <sup>-1,245</sup>	17,635 x <sup>-0,982</sup>	2,172 x <sup>-1,154</sup>
	$X_{MC}$	2,03 (3)	4,21 (5)	1,54 (2)
GER-SUB	Regressão	68,110 x <sup>-1,915</sup>	25,803 x <sup>-1,069</sup>	40,604 x <sup>-1,607</sup>
	$X_{MC}$	5,51 (6)	4,99 (5)	5,12 (6)
CE	Regressão	995,244 x <sup>-1,758</sup>	494,902 x <sup>-1,863</sup>	624,195 x <sup>-2,461</sup>
	$X_{MC}$	15,49 (16)	11,24 (12)	8,67 (9)

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; GER-SUB – porcentagem de germinação de sementes no teste de submersão; CE – condutividade elétrica da solução de embebição de sementes. Número entre parênteses referem-se ao arredondamento das estimativas do número ótimo de matrizes ( $X_{MC}$ ) obtidos a partir da equação de regressão do tipo  $Y = aX^b$ .

Diante resultados obtidos, baseando-se no número de grupos formados no estudo de divergência genética e no número mínimo de árvores matrizes anteriormente apresentado, pode-se sugerir a coleta de sementes de *C. speciosa*, em pelo menos oito árvores matrizes para garantir boa representatividade da variabilidade da espécie para os caracteres estudados.

## 5. CONCLUSÃO

Há variabilidade genética entre árvores matrizes de *C. speciosa* quanto às características biométricas de frutos e sementes e as 36 árvores matrizes foram distribuídas em oito grupos quanto à divergência genética.

A repetibilidade dos caracteres avaliados é alta e a avaliação de 5 frutos e de 100 sementes por árvore matriz permite boa representatividade da variabilidade entre árvores matrizes de *C. speciosa*.

Os caracteres do processo germinativo de sementes, provenientes dos testes de envelhecimento acelerado, de germinação e de submersão, são os de maior importância para o estudo da divergência entre as árvores matrizes de *C. speciosa*.

Deve-se colher sementes de pelo menos oito árvores matrizes, para garantir boa representatividade da variabilidade genética da espécie para os caracteres estudados.

## 6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S.; BARBEDO, C. J.; SEMACO, M. Influência do tamanho sobre a germinação de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 283-285, 1996.

ALBUQUERQUE, M. C. F. E., RODRIGUES, T. J. D., MINOHARA, L., TEBALDI, N. D., SILVA, L. M. M. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Collubrin glandulosa* Perk – rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 108-111, 1998.

ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; PAULA, R. C. Influência do tamanho e da procedência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. sobre a germinação e vigor. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.

ALVES, R. M.; GARCIA, A. A. G. F.; CRUZ, E. D.; FIGUEIRA, A. Seleção de descritores botânico-agronômicos para a caracterização de germoplasma de cupuaçuzeiro, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 807-818, 2003.

ANDRADE, A. C. S.; VENTURI, S.; PAULILO, M. T. S. Efeito do tamanho das sementes de *Euterpe edulis* Mart. sobre a emergência e crescimento inicial. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 225-231, 1996.

ANNUNCIADO, T. R. **Estudo da *Chorisia speciosa* e outras fibras vegetais como sorventes para o setor de petróleo**. 2005. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2005.

ARRIEL, E. F.; PAULA, R. C.; BAKKE, O. A.; ARRIEL, N. H. C. Divergência genética em *Cnidocolus phyllacanthus* (MART.) Pax et K. Hoffm. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, p. 813-822, 2004.

BARA, R. P. **Aplicação de materiais sorventes alternativos para a limpeza de águas contaminadas por óleos**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2011.

BARBEDO, C. J.; CÍCERO, S. M. Utilização do teste de condutividade elétrica para previsão do potencial germinativo de sementes de ingá. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 249-259, 1998.

BARROSO, G. M.; MORIN, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes**: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: UFV, 1999. 443 p.

BELTRATI, C. M. Morfologia e anatomia de sementes In: CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, ÁREA DE BIOLOGIA VEGETAL. **Apostila**. Rio Claro: Departamento de Botânica / Instituto de Biociências / UNESP, 1994. 112 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2.ed. New York and London: Plenum Press, 1994. 445 p.

BONNER, F. T. Testing tree seeds for vigor: a review. **Seed Technology**, Lawrence, v. 20, n. 1, p. 5-17, 1998.

CARDOSO, A. I. I. Número mínimo de colheitas em pepino híbrido estimado por meio do coeficiente de repetibilidade. **Bragantia**, Campinas, v. 65, p. 591-595, 2006.

CARGNELUTTI FILHO, A.; TOEBELL, M.; BURIN, C.; CASAROTTO, G. LÚCIO, A. D. Métodos de estimativa do tamanho ótimo de parcelas experimentais de híbridos de milho simples, triplo e duplo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 9, p. 1509-1516, 2011.

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**, Jaboticabal, v. 25, p. 326-328, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 691-698.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

CASTILLO, C. A. R. **Dispersão anemocórica das sementes de paineira (*Chorisia speciosa* St. Hil.), na região de Bauru, estado de São Paulo**. 1986. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP. 1986.

CRUZ, C. D. **Programa genes: Análise multivariada e simulação**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 175 p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2003. v. 2, 585 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390 p.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2004. v. 1, 480 p.

CRUZ, E. D.; MARTINS, F. DE O.; CARVALHO, J. E. U. Biometria de frutos e sementes de jatobá-curuba *Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae – Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 161-165, 2001.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U.; LEÃO, N. V. M. Métodos para superação da dormência e biometria de frutos e sementes de *Parkia nitida* Miquel. (Leguminosae – Mimosoideae). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 31, n. 2, p. 167-177, 2001.

DAMIÃO FILHO, C. F. **Morfologia vegetal**. FUNEP/UNESP, Jaboticabal. 1993. 243 p.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: Ed. UFLA, 2008. 174 p.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. O.; BATELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2.ed. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 2002. p. 17.

EDWARDS, D. G. W. Forest tree seeds at the end of the 20th century: major accomplishments and needs. *In*: KRISHNAPILLAY, B.; SOEPADMO, E.; ARSHAD, N.L.; WONG, A.; APPANAH, S.; CHIK, S.W.; MANOKARAN, N.; TONG, H.L.; CHOON, K.K. (EDS.). **International Union of Forestry Research Organization**, IUFRO, Kuala Lumpur, Malaysia, IUFRO WORLD CONGRESS, v. 1, n. 21, p. 54, 2000.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeito do estresse hídrico e envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de paineira (*Chorisia speciosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 537-543, 2003.

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**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 345-352, 2005.

FARIAS NETO, J. T.; OLIVEIRA, M. S. P. Divergência genética entre acessos de tucumanzeiro (*Astrocarym vulgare* Mart.) para caracteres do fruto. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, XVII, Belém, 2002. **Anais...** Belém: SBF, 2002.

FERNANDEZ, J., GONZALES-MARTINEZ, E. S. Allocating individuals to avoid inbreeding in ex situ conservation plantations: so far, so good. **Conservation Genetics**, Madrid, v. 10, n. 1, p. 45-57, 2009.

FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de *Dipteryx alata* Vogel – baru (Leguminosae–Papilionoideae). **Cerne**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 73-87, 1998.

FERREIRA, R. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, C. A., MALAVASI, M. M. Morfologia de frutos, sementes, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth. – faveira (Leguminosae–Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 303-309, 2001.

FERREIRA, M. G. R.; TORRES, S.B. Influência do tamanho das sementes na germinação e no vigor de plântulas de *Acacia senegal* (L.) Willd. **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 271-275, 2000.

FERREIRA, T. R. **Sorção de petróleo por fibras vegetais**. 2009. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual do Rio Grande do Norte. Natal-RN. 2009.

FLÁVIO, J. J. P. **Divergência genética entre árvores matrizes de *Guazuma ulmifolia* Lam.**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

GIBBS, P. E., BIANCHI, M. Post-pollination events in species of *Chorisia speciosa* (Bombacaceae) and *Tabebuia* (Bignoniaceae) with late-acting self-incompatibility. **Botany Acta**, Belo Horizonte, v. 106, p. 64-71, 1992.

GONZALES, J. L. S., PAULA, R. C., VALERI, S. V. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Albizia hassleri* (Chodat) Burkart. FABACEAE-MIMOSOIDEAE. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 625-634, 2009.

GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALHÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, p. 322-328, 2006.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA-JÚNIOR, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

HAMPTON, J. G.; TEKRONY, D. M. **Handbook of vigour test methods**. Zürich: ISTA, p. 35-50, 1995.

HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 12, n. 3, p. 403-13, 1984.

HIGA, A. R.; SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba, PR-FUPEF. 2006. 299 p.

KAGEYAMA, P. Y.; CUNHA, G. C.; BARRETO, K. D.; GANDARA, F. B.; CAMARGO, F. R. A.; SEBBEN, A. M. Diversidade e autocorrelação genética espacial em populações de *Ocotea adorifera* (Lauraceae), **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 108-119, 2003.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 3.1-3.24, 1999.

LACERDA, C. M. B.; KAGEYAMA, P. Y. Estrutura genética espacial de duas populações naturais de *Myracrodruon urundeuva* M. Alemão na região semi-árida, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 145-150, 2003.

LEAL FILHO, N.; BORGES, E. E. L. Influência da temperatura e da luz na germinação de sementes de canudo de pito (*Mabea fistulifera* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 14, n. 1, p. 57-60, 1992.

LEITE, M. S. O. **Tamanho da amostra para seleção de famílias de cana-de-açúcar**. 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

LESSMAN, K J.; ATKINS, R. E. Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield tests. **Crop Science**, Madison, v. 3, p. 477-481, 1963.

LOEFFLER, T. M. **The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality**. 1981. 181 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-University of Kentucky, Lexington, 1981.

LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, P.M.; EGLI, B.D. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, Califórnia, v. 12, p. 37-53, 1988.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa. São Paulo: Ed. Plantarum, 1998. p.61.

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**, Ribeirão Preto, v. 20, n. 3, Set. 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010084551997000300014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010084551997000300014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 5 mai 2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of Germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p 3.1-3.24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, FEALQ, 2005. 495 p.

MARTINS, M. A. G.; OLIVEIRA, D. M. T. Morfo-anatomia e ontogênese do fruto e da semente de *Tipuna tipu* (Benth.) Okuntze (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 109-121, 2001.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Morfologia de frutos, sementes e plântulas e germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 29, n. 3, p. 8-17, 2007.

MEIR, V. D.; LESSMAN, K J. Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crame abyssinica* Hochst. **Crop Science**, Madison, v. 11, p. 648-650, 1971.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seed**. 3.ed. Oxford: Pergemon Press, 1982.

MORAES, M. L. T.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Diversidade e estrutura genética espacial em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. sob diferentes condições antrópicas, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 281-289, 2005.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semi-decídua no sudeste do Brasil**. 1991. 176 p. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; SOUSA, N. R.; GARCIA, T. B.; CRAVO, M. S. C.; COUTINHO, E. F.. Divergência genética entre clones de guaranazeiro, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 501-506, 2001.

OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; GARCIA, N. C. P.; GARCIA, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

OLIVEIRA, D. A., NUNES, Y. R. F., ROCHA, E. A., BRAGA, R. F., PIMENTA, M. A. S., VELOSO, M. D. M. 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**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1001-1009, 2008

OLIVEIRA, D. M. T. Morfologia comparada de plântulas e plantas jovens de leguminosas em arbóreas nativas: espécies de *Phaseoleae*, *Sophoreae*, *Swartzieae* e *Tephrosieae*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 85-97, 2001.

OLIVEIRA, E. C.; PEREIRA, T. S. Myrtaceae: morfologia da germinação de algumas espécies. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, v. 2, 1984. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBB, p. 501-520, 1984.

OLIVEIRA, M. S. P.; FERNANDES, G. L. C. Repetibilidade de caracteres do cacho de açaizeiro nas condições de Belém-PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, p. 613-616, 2001.

PANDEY, D.K. Conductivity testing of seeds. In; LINSKENS, H.F.; JACKSON, J.F. **Seed analysis**. Berlin: Springer-Verlag, 1992. p. 273-304.

PANTOJA, T. F., **Descrição morfológica e análise da variabilidade genética para caracteres de frutos, sementes e processo germinativo associado à produtividade de óleo em matrizes de *Carapa guianensis* AUBLET, uma meliaceae da amazônia.** 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

PAOLI, A. A. S.; NASCIMENTO, W. M. O. Morfologia e anatomia do fruto em desenvolvimento de *Matisia cordata* (Humb. & Bonpl. - Bombacaceae). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, v. 18, Florianópolis, 2004. Trabalhos. Florianópolis: SBF, 2004.

PAULA, R. C. **Repetibilidade e divergência genética entre matrizes de *Pterogyne nitens* Tul (Fabaceae – Caesalpinioideae) por caracteres biométricos de frutos e de sementes e parâmetros de qualidade fisiológica de sementes.** 2007. 128 p. Tese (Livre-Docência em Silvicultura) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

PINTO, S. I. C.; SOUZA, A. M.; CARVALHO, D. Variabilidade genética por isoenzimas em populações de *Copaifera langsdorffii* Desf. em dois fragmentos de mata ciliar. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 40-48, 2004.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leakage conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal Seed Technology**, Lansing, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

RAJORA, O. M.; MOSSELER, A. Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources, **Euphytica**, Wageningen, v. 118, n. 2, p. 197-212, 2001.

RÊGO, F. A.; COSTA, M. M. N.; SILVA, A. Q.; SILVA, H. Influência do tamanho da semente e escarificação na germinação da macadamia (*Macadamia integrifolia*). **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 1, n. 4, p. 85, 1991.

SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.) **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 513-518, 1999.

SANTOS, S. R. G. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs**. 2004. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

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**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 007-016, 2009.

SANTOS FILHO, P. S. Fragmentação de habitats: implicações *in situ*. **Oecologia Brasiliensis** – Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros, Rio de Janeiro, v. 1, 1995. p. 365-393.

SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES, M. A. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 101-112, 2007.

SILVA, A. M.; CANUTO, D. S. O.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T. Autocorrelação espacial em uma população natural de piqui (*Caryocar brasiliense* Camb.) em área degradada. In: X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005. Universidade de São Paulo, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005.

SILVA, R. L.; XAVIER, A.; LEITE, H. G.; PIRES, I. E. Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasse e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 5, p. 669-676, 2003.

SILVA, B. M. S.; CARVALHO, N. M. Influencia del estrés hídrico sobre el desempeño germinativo de semillas de faveira (*Clitoria fairchildiana* R.A. Howard. FABACEAE) de diferentes tamaños. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2006, Campos dos Goytacazes. **Anais...** Campos dos Goytacazes: 2006.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SOUZA, A. L.; FERREIRA, R. L. C.; XAVIER, A. Análise de agrupamento aplicada à área florestal., **Boletim Técnico SIF**, Viçosa: SIF, n. 16. 109 p, 1997.

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 Brasileira de Botânica**, São Paulo, 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**, Philadelphia, v. 53, p. 197-210, 2003.

TELLES, M. P. C.; SILVA, R. S. M.; CHAVES, L. J.; COELHO, A. S. G.; DINIS FILHO, J. A. Divergência entre subpopulações de catingueira (*Eugenia dysenterica*) em resposta a padrões edáficos e distribuição espacial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1387-1394, 2001.

TESSER, S. M. **Teste de condutividade elétrica para discriminação de lotes de sementes de três espécies arbóreas do gênero Solanum**. 2005. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção e Tecnologia de Sementes) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

TORRES, S. B. **Métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de melão**. 2002. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

VARELA, V. P.; FERRAZ, I. D. K.; CARNEIRO, N. B. Efeito da temperatura de sementes de sumaúma (*Ceiba petandra* (L.) Gaertn – BOMBACACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 170-174, 1999.

VÁZQUEZ-YANES, C.; ARÉCHIGA, M. R.. *Ex situ* conservation of tropical rain forest seed: problems and perspectives. **Interciencia**, Venezuela, v. 21, n. 5, p. 293-298, 1996.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 103-132, 1994.

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.

VIEIRA, J. V.; SILVA, G. O. Tamanho mínimo de parcela para avaliação de caracteres de raiz em cenoura. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1047-1052, 2008.

WUEBKER, E.F.; MULLEN, R.E.; KOEHLER, K. Flooding and temperature effects on soybean germination. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1857-1861, 2001.