

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE
Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos A PARTIR DE
CARACTERES BIOMÉTRICOS DE FRUTOS E SEMENTES E
DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES**

Tamara Mariel Valdovinos

Licenciada em Genética

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE
Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos A PARTIR DE
CARACTERES BIOMÉTRICOS DE FRUTOS E SEMENTES E
DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES**

Tamara Mariel Valdovinos

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)

2016

V147d Valdovinos, Tamara Mariel
Divergência genética entre árvores matrizes de *Handroanthus
heptaphyllus* (Vell.) Mattos a partir de caracteres biométricos de frutos
e sementes e de qualidade fisiológica de sementes / Valdovinos,
Tamara Mariel. -- Jaboticabal, 2016
viii, 65 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Rinaldo César de Paula
Banca examinadora: Miguel Luiz Menezes Freitas, Sergio Valiengo
Valeri
Bibliografia

1. Divergência genética. 2. Ipê-roxo. 3. Árvores matrizes. I. Título.
II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.52:634.0.2

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos A PARTIR DE CARACTERES BIOMÉTRICOS DE FRUTOS E SEMENTES E DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

AUTORA: TAMARA MARIEL VALDOVINOS

ORIENTADOR: RINALDO CESAR DE PAULA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisador Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS
Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo / Instituto Florestal de São Paulo / São Paulo/SP

Prof. Dr. SÉRGIO VALIENGO VALERI
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 28 de julho de 2016

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

TAMARA MARIEL VALDOVINOS - nascida em 7 de janeiro de 1984, em Posadas, Misiones, Argentina, filha de Delia Ester Kozur e Julio Valdovinos. Realizou ensino médio no Instituto Linea Cuchilla onde obteve o Título de Agrónomo General pelo Ministerio de Cultura y Educacion de la província de Misiones. Possui Graduação em Licenciatura em Genética pela Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Em agosto de 2014, iniciou o curso de Pós-graduação *Stricto Sensu*, curso de Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Câmpus de Jaboticabal, São Paulo. Durante o período de realização do mesmo foi bolsista da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

E Jesus disse-lhe: Se tu podes crer, tudo é possível ao que crê.

Marcos 9:23

Aos meus pais Eli e Julio, e à tia Monica. Aos meus avôs maternos e paternos (in memorian). Aos meus irmãos: Natanael, Araceli, Emiliano, Juliana e Tadeo. Ao amor de minha vida Pablo.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

À minha mãe pelo amor, exemplo de vida, pela preocupação, carinho e por me proporcionar o ambiente primordial para que eu pudesse me tornar uma pessoa melhor por meio de aprendizagens e ensinamentos.

Aos meus familiares, por iluminar e alegrar minha vida, em especial, a tia Mônica, por todo seu amor e apoio cedido.

A meu companheiro de vida, Pablo, por seu amor sincero durante todo percurso, estando ao meu lado, além da ajuda e compreensão.

Aos professores da Universidade Nacional de Misiones e Universidad Nacional de Cuyo - Argentina, pelos seus ensinamentos durante toda minha formação. Especialmente minha ex-orientadora, Virginia Sanchez Puerta, pelos sábios conselhos de luta e perseverança, muito obrigada.

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), Câmpus de Jaboticabal, SP, por possibilitar o Curso de Pós-Graduação, Mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de estudo.

Ao professor Rinaldo Cesar de Paula, pela orientação e por todo o ensinamento, dedicação, compreensão e confiança.

Aos companheiros e professores do curso de Pós-graduação, pelo apoio, orientação, incentivo, dedicação, amizade e pelos novos conhecimentos adquiridos.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal e do Viveiro Experimental (Horto) da FCAV- UNESP, especialmente ao Roberto Carlos pela marcação e

colheita de frutos das árvores matrizes e ao João Victor e à Gabriela, pela ajuda no laboratório.

Aos Professores Dr. Sergio Valiengo Valeri e Dr. Gustavo Vitti Môro pelas correções do artigo do exame geral de qualificação.

Aos funcionários da Biblioteca da Unesp-FCAV, pela valiosa correção das referências bibliográficas.

Aos membros da Banca Examinadora, Miguel Luiz Menezes Freitas e Sérgio Valiengo Valeri pelas grandes contribuições na melhoria do trabalho por meio da arguição.

A todos os amigos de Jaboticabal, que me acompanharam durante todo esse período, pelos momentos de descontração, pela ajuda fundamental e incondicional, por todos os conselhos nos momentos de dificuldade e nos de alegria.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos sobre as Espécies Arbóreas Nativas	3
2.2. <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	5
2.3. Biometria de frutos e sementes	9
2.4. Qualidade fisiológica de sementes	10
2.5. Variabilidade e divergência genética	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Biometria de frutos	14
3.2. Biometria de sementes	15
3.3. Teste de qualidade fisiológica de sementes	15
3.3.1. Teste de germinação	15
3.3.2. Teste de envelhecimento acelerado	16
3.3.3. Teste de condutividade elétrica	17
3.3.3. Teste de submersão	17
3.4. Delineamento experimental e análises dos dados	17
3.4.1. Análises de variância, comparação de médias e correlação entre caracteres	17
3.4.2. Divergência genética entre matrizes e importância de caracteres	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Biometria de frutos e sementes	20
4.2. Teste de germinação	22
4.3. Testes de Vigor: envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica	25
4.4. Correlação entre Caracteres	28

4.5. Divergência por caracteres biométricos de frutos e sementes	31
4.6. Divergência por caracteres da qualidade fisiológica de sementes	38
4.7. Divergência por caracteres biométricos de frutos e sementes e da qualidade fisiológica de sementes.....	46
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS.....	57

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ÁRVORES MATRIZES DE *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos A PARTIR DE CARACTERES BIOMÉTRICOS DE FRUTOS E SEMENTES E DE QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES

RESUMO - *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) é uma árvore tropical da família Bignoniaceae, com ocorrência natural em diversas regiões fitoecológicas brasileiras. Apresenta alto valor econômico pela boa qualidade de sua madeira para produtos nobres, além do uso medicinal. Muito usada para a restauração de ecossistemas florestais e para fins paisagísticos. Este trabalho objetivou estudar a divergência genética entre árvores matrizes de *H. heptaphyllus* a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes e de qualidade fisiológica de sementes. Foram coletadas sementes de 25 árvores matrizes localizadas no Câmpus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista e na área urbana da cidade de Jaboticabal (SP). Ao todo, foram avaliados 19 caracteres sendo oito caracteres biométricos de frutos e sementes e 11 relacionados à qualidade fisiológica de sementes, aferida pelos testes de germinação, de condutividade elétrica, envelhecimento acelerado e de submersão. A divergência genética foi avaliada pelo método hierárquico de Ward e de dispersão por Componentes Principais, a partir da Distância Euclidiana calculada entre pares de árvores matrizes considerando-se três situações: i) apenas os caracteres biométricos; ii) apenas os caracteres de qualidade fisiológica das sementes e iii) os caracteres biométricos e de qualidade fisiológica das sementes simultaneamente. Para verificação da importância relativa de cada variável para a divergência genética usou-se a análise de Componentes Principais. Os resultados indicam que existe variabilidade genética entre as árvores matrizes para todos os caracteres estudados. Nas análises de agrupamento foram discriminados vários grupos de árvores matrizes, que variaram sua composição, segundo o conjunto de caracteres considerados. Seis (31%) dos 19 caracteres avaliados foram considerados importantes para o estudo da divergência genética entre as árvores matrizes. Destes, quatro caracteres, sendo dois biométricos (comprimento de frutos e número de sementes por frutos) e dois fisiológicos de sementes (valor pico da germinação e comprimento de plântulas) foram importantes tanto no estudo da divergência genética separadamente por conjunto de caracteres, e também, quando considerados simultaneamente. Esta divergência possibilita a identificação de árvores matrizes para a colheita de sementes, que subsidiem programas de conservação e, ou melhoramento genético da espécie. Desse modo, com base no padrão obtido de agrupamento das árvores matrizes, recomenda-se que a coleta de sementes ocorra em árvores matrizes pertencentes a grupos distintos, pois estes possibilitam a retenção de variabilidade genética para o conjunto dos caracteres avaliados. Por outro lado, sementes coletadas de árvores matrizes pertencentes a um mesmo grupo podem, a princípio, constituir um único lote de sementes. Isto pode ser aplicado para futuros trabalhos envolvendo as mesmas árvores matrizes, por exemplo, para a formação de teste de progênie, visando à conservação ou melhoramento da espécie.

Palavras-chave: Análise de agrupamento, germinação e vigor, Ipê-roxo, melhoramento e conservação genética

GENETIC DIVERGENCE AMONG MOTHER TREES OF *Handroanthus heptaphyllus* (VELL.) Mattos BASED ON BIOMETRIC TRAITS OF FRUITS AND SEEDS AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS

ABSTRACT - *Handroanthus heptaphyllus* (ipe-roxo) is a tropical tree of the Bignoniaceae family, naturally occurring in several Brazilian regions phytoecological. It has a high economic value for the quality of its wood for noble products, in addition to medical use. Very used for the restoration of forest ecosystems and for landscaping purposes. This work aimed to study the genetic divergence between mother trees of *H. heptaphyllus* based on characteristics biometric of fruits and seeds, and physiological quality of seeds. The seeds were collected of 25 mother trees located on the Campus of Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, of Universidade Estadual Paulista and in the urban area of the city of Jaboticabal (SP). Altogether were evaluated 19 characteristics, eight biometric traits of fruits and seeds and 11 related to seed physiological quality, measured by germination test, electrical conductivity, accelerated aging and submersion. Genetic divergence was evaluated by hierarchical method of Ward and dispersion by Principal Components based on the Euclidean Distance calculated between pairs of mother trees considering three situations: i) only biometric characters; ii) only the characters of seed quality and iii) the biometric traits and physiological quality of seeds simultaneously. To check the relative importance of each trait for the genetic divergence was used the analysis of Principal Components. The results indicate that genetic variability exists between mother trees for all characteristics. In the cluster analysis were discriminated various groups of mother trees, varying its composition, according to the set of traits considered. Six (31%) of the 19 traits evaluated were considered important for the study of genetic divergence between the mother trees. Of the four variables, two of biometrics (fruit length and number of seeds per fruit) and two of the physiology of seeds (peak value of germination and seedling length) were significant both in genetic divergence study separately by character set as when considered simultaneously. This difference enables the identification of mother trees to collect seeds, that support conservation programs and, or genetic breeding of specie. Thus, based on the pattern obtained from grouping of mother trees, it is recommended that the collect of seeds occur in arrays belonging to different groups trees, because they allow the retention of genetic variability for all the traits. On the other hand, seeds collected from mother trees belonging to the same group, can, in principle, constitute a single seed lot. This can be applied for further work involving the same mother trees, for example for the progeny test formation, for conservation or breeding of the species.

Keywords: Cluster analysis, germination and vigor, Ipe-roxo, genetic breeding and conservation

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
Tabela 1	Valores de F, coeficientes de variação experimental (CV, %), média geral (Média) e comparação de médias para comprimento de frutos (CF, cm), diâmetro de frutos (DF, cm), número de sementes por fruto (NSF), comprimento (CS, mm), Largura (LS, mm) e espessura de sementes (ES), peso de 1000 sementes (PS, g) e numero de sementes por kg (NKG), avaliados em 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	21
Tabela 2	Teor de água (%) inicial das sementes de 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , antes da realização do teste de germinação.	23
Tabela 3	Valores de F, coeficientes de variação experimental (CV, %), média geral (Média) e comparação de médias de porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), valor pico (VP), valor germinativo (VG) e índice de sincronização (IS), comprimento de plântulas (CP), porcentagem de plântulas normais (PN) e anormais (PA), avaliados após o teste de germinação de sementes de 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	24
Tabela 4	Teor de água (%) inicial (após 7 dias na bancada) das sementes de 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	25
Tabela 5	Valores de F, coeficientes de variação experimental (CV, %), média geral e comparação de médias de porcentagem de germinação no teste de submersão (GTS), envelhecimento acelerado (GEA) e condutividade elétrica de massa (CE) avaliados em 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	27
Tabela 6	Estimativas de correlações entre as características biométricas de frutos e de sementes e de qualidade fisiológica de sementes avaliadas nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica, em 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	29
Tabela 7	Distancia Euclidiana média entre 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> a partir de oito caracteres biométricos de frutos e sementes.	32

Tabela 8	Autovalores (variância-v) associados aos componentes principais (CP) e respectivos autovetores para os oito caracteres biométricos de frutos e sementes avaliados em 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	35
Tabela 9	Distância Euclidiana média entre 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , a partir de 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes.	40
Tabela 10	Autovalores (variância-v) associados aos Componentes Principais (CP) e respectivos autovetores para os 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes avaliados em 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	42
Tabela 11	Distância Euclidiana média entre 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , a partir de 19 caracteres biométricos de frutos e de sementes e de qualidade fisiológica de sementes.	47
Tabela 12	Autovalores (variância-v) associados aos Componentes Principais (CP) e respectivos autovetores para os 19 caracteres biométricos (frutos e sementes) e de qualidade fisiológica de sementes avaliada em 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> .	50

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
Figura 1	Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , obtido pelo método Ward a partir de oito caracteres biométricos de frutos e sementes. A linha em vermelho representa o “ponto de corte” (definido como a média das distâncias entre pares de árvores matrizes) dos grupos (identificados com números de 1 a 9 acima da linha vermelha), pertencentes a dois conjuntos (I e II).	33
Figura 2	Correlação dos oito caracteres de biométricos de frutos e sementes que discriminam a posição das 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , referentes aos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2).	36
Figura 3	Dispersão gráfica das 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , em relação ao primeiro e ao segundo componente principal, estabelecidos pela combinação linear de oito caracteres biométricos de frutos e sementes.	37
Figura 4	Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , obtido pelo método Ward a partir de 11 caracteres avaliados nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica de sementes. A linha em vermelho representa o “ponto de corte” (definido como a média das distâncias entre pares de árvores matrizes), dos grupos (identificados com números de 1 a 7 acima da linha vermelha), pertencentes a dois conjuntos (I e II).	41
Figura 5	Correlação dos 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes que discriminam a posição das árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , referente aos dois componentes principais (CP1 x CP2).	44
Figura 6	Dispersão gráfica das 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> em relação ao primeiro e ao segundo componente principal, estabelecidos pela combinação linear de 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes.	45
Figura 7	Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 25 árvores matrizes de <i>Handroanthus heptaphyllus</i> , obtido pelo método Ward a partir de 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e de caracteres da qualidade fisiológica de	49

sementes. A linha em vermelho representa o “ponto de corte” (definido como a média das distâncias entre pares de árvores matrizes) dos grupos (identificados com números de 1 a 9 acima da linha vermelha), pertencentes a dois conjuntos (I e II).

- Figura 8** Correlação dos 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e da qualidade fisiológica de sementes que discriminam a dispersão das 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, nos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2). 52
- Figura 9** Dispersão gráfica das 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, em relação aos dois primeiros componentes principais, estabelecidos pela combinação linear de 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e de qualidade fisiológica de sementes. 53

1. INTRODUÇÃO

Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos (Ipê-roxo) é uma planta arbórea de grande importância ecológica, econômica, ornamental e paisagística, além de uso medicinal (CARVALHO, 2003; NOGUEIRA, 2010), cujas informações sobre tecnologia de sementes e outros aspectos silviculturais são relativamente escassos. Sua madeira é considerada “de lei”, pesada, duríssima, indefinidamente durável sob quaisquer condições, resistente e de baixa retratilidade volumétrica (LORENZI, 2008; PAULA; ALVES, 2007). Além disso, a enorme capacidade de adaptação às diversas condições de clima e solo aumenta a necessidade e a prioridade de estudos mais aprofundados sobre a espécie (CARVALHO, 2003; TONETTO et al., 2015). A planta é usada de forma predatória, pois o seu uso em escala comercial é pouco significativo e suas sementes ainda são colhidas em populações naturais, já que não existem programas de melhoramento genético para que seja possível a produção de sementes melhoradas para fins comerciais, ou para se ter um banco de sementes, obedecendo às normas de coletas (MORI, 2010), assim, a instalação de áreas de produção de sementes e o emprego de estratégias de melhoramento são essenciais para garantir a produção de sementes com qualidade genética (FREITAS et al., 2015).

Visando-se reverter esse quadro, estudos de variabilidade e divergência genética entre árvores matrizes, com enfoque na qualidade fisiológica de sementes e caracterização biométrica de frutos e sementes, tornam-se relevantes para delinear estratégias de conservação e, ou melhoramento genético da espécie. Nas espécies arbóreas tropicais, existe grande variabilidade com relação ao tamanho dos frutos, número de sementes por fruto e tamanho das sementes (CRUZ; CARVALHO, 2003). Os dados biométricos de frutos e sementes têm valor ecológico indiscutível, auxiliando na determinação do tipo de dispersão e dos agentes dispersores, além de informar sobre a variabilidade genética da espécie (MARTINS; OLIVEIRA, 2001). A qualidade fisiológica das sementes é definida por dois atributos diferentes: germinação e vigor. A germinação, avaliada pelo teste de germinação, procura determinar o máximo potencial germinativo de um lote de sementes sob condições ótimas de ambiente. O vigor expressa atributos mais sutis da qualidade

fisiológica, não revelados pelo teste de germinação, e é determinado sob condições desfavoráveis ou medindo-se o declínio de alguma função bioquímica ou fisiológica das sementes (MARCOS FILHO; CÍCERO; SILVA, 1987). Comparações de vigor de sementes entre árvores matrizes, progênies e procedências, oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética (VALENTINI; PIÑA- RODRIGUES, 1995).

Estudos de divergência genética são extremamente importantes no contexto de trabalhos de melhoramento, conservação genética e manutenção de bancos de germoplasma. Conhecer a quantidade de variação existente na espécie de interesse é um passo necessário do processo de identificação de novas fontes de genes de interesse (FALCONER; MACKAY, 1996), além de possibilitar a identificação de acessos semelhantes em populações naturais e, ou bancos de germoplasma e, desse modo, orientam trabalhos de coleta de sementes e descarte de materiais redundantes (MARTINELLO et al., 2002; PEREIRA et al., 2003). Assim, o conhecimento da variabilidade biométrica e da qualidade de sementes de diferentes espécies arbóreas poderá contribuir para o uso adequado dessas espécies, além de possibilitar o delineamento de estratégias para coleta de sementes, visando-se a conservação e, ou melhoramento genético das mesmas.

Em vistas do exposto e da necessidade cada vez maior por sementes em quantidade e qualidade adequadas, este trabalho objetivou avaliar a divergência genética entre matrizes de *H. heptaphyllus* a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes e da qualidade fisiológica de sementes e identificar os caracteres mais importantes para a divergência genética entre as árvores matrizes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos Sobre as Espécies Arbóreas Nativas

Os biomas brasileiros abrigam uma porção significativa da biodiversidade mundial, constituindo importantes centros de biodiversidade, no entanto, todo esse patrimônio genético vem sendo ameaçado pelas intensas atividades antrópicas, principalmente aquelas ligadas à conversão das paisagens naturais em áreas de produção agropecuária e ocupação imobiliária (ALEIXO et al., 2010). O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e ocupa 21% do território nacional. Cerca de metade dos 2 milhões de km² originais do Cerrado foram transformados em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso (KLINK; MACHADO, 2005). A caatinga ocupa uma área equivalente a 11% do território nacional, e segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2012) as taxas de desmatamento atingiram 46% da área do bioma. O Bioma Mata Atlântica originalmente cobria 1.300.000 km² em 17 estados do território brasileiro, embora, atualmente, contém 22% de sua cobertura original em diferentes estágios de regeneração e apenas cerca de 7% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares (BRASIL, 2012). Além das alterações recentes nas paisagens naturais, mudanças climáticas em curso e previstas constituem um segundo fator de ameaça à biodiversidade (ALEIXO et al., 2010). Na América do Sul, temperaturas mais altas e uma maior duração da estação seca poderão aumentar a frequência de estiagens sazonais rigorosas e de anomalias da temperatura da superfície do mar no Atlântico, contribuindo para o surgimento de frequentes incêndios, os quais ameaçarão a distribuição e integridade ambiental dos biomas brasileiros, com especial ênfase para aqueles predominantemente florestais (MARENGO, 2009). De esse modo, a fragmentação das florestas causa grande impacto à biodiversidade, desequilibrando os ecossistemas, isolando os habitats, mudando o comportamento dos vegetais e dos animais, rompendo o fluxo gênico entre os fragmentos (KAGEYAMA, 2003). Neste contexto, os recursos florestais têm sofrido grande pressão, tendo como principal consequência o esgotamento de reservas e o aumento do número de espécies florestais que estão na lista de plantas em extinção (OLIVEIRA et al., 2012). Embora, segundo a Lista Vermelha do Centro Nacional de Conservação da

Flora (2016), *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos é classificada como “menos preocupante”, uma das oito categorias de risco de extinção, nesta categoria são incluídas espécies abundantes e amplamente distribuídas.

Em se tratando de recursos naturais, especificamente das espécies arbóreas nativas do Brasil, informações quanto à diversidade genética da espécie, biologia e fenologia reprodutiva, agentes polinizadores e dispersores de sementes, sistema de cruzamento e fluxo gênico são necessárias tanto para a conservação genética *in situ* e *ex situ* quanto para a coleta de sementes (SOUSA et al., 2015). Neste sentido, maiores informações sobre o manejo e análise de sementes das espécies florestais, mesmo que sejam informações básicas de germinação, são necessárias de modo a fornecer dados que possam caracterizar seus atributos fisiológicos, ecológicos, morfológicos e físicos, visando sua utilização para os mais diversos fins (ARAÚJO NETO et al., 2003).

A obtenção de sementes é a parte mais importante no processo de produção de mudas de espécies nativas para reflorestamento, pois a maioria destas espécies multiplica-se de forma sexuada (LORENZI, 2008). Sementes de espécies florestais são requeridas para atender várias atividades como a recuperação de áreas degradadas, sistemas produtivos (convencional, agroflorestal, silvopastoril), pesquisa científica, conservação *ex situ* nos bancos de germoplasma, melhoramento, paisagismo, ornamentação, entre outras (MARTINS, 2012). Apesar da enorme diversidade e potencial econômico, no Brasil, existem poucos programas de melhoramento para espécies florestais nativas, e isso tem refletido, na baixa produção e oferta de sementes de qualidade.

Neste sentido, a maioria das sementes exploradas comercialmente é fornecida por populações naturais, a partir de árvores matrizes encontradas em locais como praças, hortos, parques florestais e beiras de rodovias (dada a facilidade de acesso nestes locais) desse modo, as colheitas estão sendo realizadas sem conhecimento prévio de sua biologia floral, reprodutiva e variabilidade genética (FREITAS et al., 2015). O uso de sementes com boa variabilidade genética e adaptadas à ecologia das diferentes regiões é de grande importância (BROADHURST et al., 2006; ARAUJO NETO et al., 2002) tendo em conta que o potencial adaptativo e evolutivo das populações dependem da variabilidade genética

das mesmas (RIBEIRO; RODRIGUES, 2006). Além disso, a produtividade das florestas está intimamente ligada à qualidade do material genético existente (MORI; SANTOS, 1989) e, neste sentido, o uso de um número relativamente grande de matrizes para a coleta de sementes e produção de mudas, não garante uma base genética suficiente da população resultante, o que poderá, a curto e médio prazo, comprometer a sustentabilidade dos plantios, sejam eles com finalidades produtivas ou conservacionistas (PAULA, 2007).

2.2. *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos

Handroanthus heptaphyllus (Vell.) Mattos, conhecida como ipê-roxo dentre outros nomes comuns, pertence à Família Bignoniaceae que compreende aproximadamente 113 gêneros e 800 espécies (GENTRY, 1980). Segundo as citações de Chagas Júnior et al. (2010), o Brasil é considerado o centro de diversidade da família, com 32 gêneros e 350 espécies, incluindo alguns táxons endêmicos. Das oito tribos de família Bignoniaceae, três ocorrem no país (Bignoniaceae, Crescentieae e Tecomeae). A exuberância durante o florescimento faz com que muitas espécies de Bignoniaceae sejam usadas na arborização de ruas, praças, parques e avenidas, além disso, sua madeira é usada como matéria-prima para diversas utilidades (LORENZI, 2008). *Handroanthus heptaphyllus* é uma árvore caducifolia, extremamente próxima de *H. Impetiginosa* (Mart. Ex DC) Standl conhecida como ipê-rosa, sendo encontrados exemplares que aparentam formas intermediárias entre as duas espécies (CARVALHO, 2003, GENTRY, 1992). *H. heptaphyllus* também é conhecida como *Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo (sinonímia), embora como resultado de estudos de sistemática molecular, o antigo gênero *Tabebuia* foi recentemente dividido em três grupos, atualmente classificado como três gêneros distintos, *Roseodendron* Miranda, *Handroanthus* Mattos e *Tabebuia* Gomes ex DC (GROSE; OLMESTEAD, 2007). No Brasil, *H. heptaphyllus* apresenta vários nomes vulgares: cabroé, graraíba, ipê-de-flor-roxa, ipê-ipuranga, ipê-preto (nos estados do RJ e RS), ipê-roxo-anão (SP), ipê-rosa (MG), peúva (MS) e piuva (MS e MT). Na Argentina, é conhecida como Lapacho e no Paraguai como Lapacho negro (CARVALHO, 2003).

Segundo a citação de Carvalho (2003), a espécie é considerada secundária tardia (grupo sucessional); para Lorenzi (2008) é uma planta característica da mata primária na floresta pluvial atlântica. A dispersão geográfica desta espécie é grande, por causa de sua adaptação às mais diversas condições do solo, ou seja, solos ricos e pobres, encostas pedregosas e secas, e margens de rios (NOGUEIRA, 2010). Ocorre naturalmente no Brasil, Uruguai (GRINGS; BRACK 2011), Paraguai, Argentina e Bolívia (GENTRY, 1992). Encontra-se distribuída em diversas regiões fitoecológicas brasileiras como Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), Caatinga Arbórea, Savana Estépica ou Chaco Sul-Mato-Grossense. Na Argentina ocorre na Selva Tucumano-Boliviana e na Selva Misionera (CARVALHO, 2003).

É uma planta decídua, heliófila, podendo atingir de 10 a 20 m de altura e de 40 a 80 cm de diâmetro (LORENZI, 2008), ou ainda até 35 m de altura e 150 cm de diâmetro, conforme Carvalho (2003). A copa é densa, verde-escura e as folhas são simples, serrilhadas, opostas e compostas de 5 a 7 folíolos obovados, glabros, de 3 a 10 cm de comprimento por 2 a 6 cm de largura, caducas no inverno, quando aparecem as flores em grande quantidade. Seu tronco é ereto e cilíndrico, de casca com espessura de até 40 mm, a casca externa é grisácea a pardo-escura, rugosa, com fissuras longitudinais profundas e a casca interna é amarelada. As raízes são vigorosas e profundas, dificultando sua derrubada pelo vento (CARVALHO, 2003; NOGUEIRA, 2010). As flores de coloração roxo-violácea aparecem antes das folhas e estão reunidas em tirso curto multi-floral (CARVALHO, 2003). O fruto é seco e deiscente, tipo cápsula septicida longa e cilíndrica, de superfície externa negra e glabra (LORENZI, 2008). Possui 20 a 35 cm de comprimento e 1,5 cm de largura, e contém até 195 sementes em cada fruto (CARVALHO, 2003). As sementes são abundantes e aladas, medindo de 2,5 a 3 cm de comprimento e cuja largura é de 6 a 7 mm, são acastanhadas e membranáceas mais ou menos brilhantes (LONGHI, 1995), porém segundo CARVALHO (2003), as sementes são de até 2 cm de comprimento e 7 cm de largura. Por outro lado, Martins (2011) cita comprimentos de sementes entre 1,3 e 1,7 cm, largura de 7,5 a 8,9 mm e espessura de 0,5 a 1,2 mm.

Sua madeira é considerada “de lei”, dura, pesada (0,90 a 1,00 g cm⁻³), de cor pardo-escuro, com grande resistência, difícil de ser trabalhada, embora, indefinidamente durável sob quaisquer condições, sendo utilizada na construção de dormentes, postes, pilares de pontes, esteios, moirões, assoalhos, móveis, currais, carrocerias, porteiras, vigamentos e na indústria naval (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008; PAULA; ALVES, 2007). Produz lenha de boa qualidade, usada na fabricação de carvão. Da casca são extraídos ácidos tânico e lapáchico, e sais alcalinos, além de um corante usado para tingir seda e algodão. Segundo a medicina popular, o chá de entrecasca pode ser usado para combater a gripe e como depurativo do sangue; as folhas para as úlceras sifilíticas e blenorrágicas e o cerne contra o câncer (CARVALHO, 2003).

É uma das espécies mais populares do paisagismo brasileiro, muito usada para arborização de ruas e avenidas, adequada para reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas degradadas (LORENZI, 2008). A planta é hermafrodita e as flores são principalmente polinizadas pela abelha-mamangava (*Bombus morio*) e beija-flores (NOGUEIRA, 2010). Os frutos e sementes são dispersos pelo vento. A árvore é muito longeva podendo atingir até 800 anos de idade. O processo de reprodução inicia entre 4 e 7 anos de idade (CARVALHO, 2003). Segundo Lorenzi (2008), a floração ocorre de julho a setembro, onde a planta já se encontra totalmente despida de suas folhagens, sendo que a maturação dos frutos ocorre no início de outubro, com ampla produção de sementes. Na época de floração, suas flores ocupam a totalidade de sua copa e atrai grande quantidade de animais visitantes como pássaros em geral, veado, jacutinga e morcegos a procura de néctar, flores, folhas, sementes, utilizando-se destes para alimentação e também podem utilizar dos troncos dessas árvores para construção dos ninhos (ALMEIDA, 1998). O gênero apresenta tendência de floração sequencial, apresentando, por determinado período, exemplares floridos e com a presença de frutos maduros. Isto possibilita distribuir as épocas de germinação em função da sazonalidade, aproveitando melhor as variações climáticas e distribuindo suas plântulas por um período maior de tempo, aumentando as chances para o estabelecimento das plântulas (OLIVEIRA; SCHLEDER; FAVERO, 2006).

Os frutos devem ser coletados na árvore, quando mudam da cor verde para quase preta e antes da dispersão das sementes. Depois de colhidos, os frutos devem ficar secando ao sol para a abertura total dos mesmos. A extração das sementes pode ser feita manualmente (CARVALHO, 2003).

O teste de germinação das sementes pode ser realizado usando-se a semeadura entre papel mata-borrão, entre vermiculita, sobre areia, entre areia, sobre vermiculita e entre papel filtro (TONETTO et al., 2015), e seu potencial de germinação é alto - 72% (WIELEWICKI et al., 2006).

As sementes não apresentam dormência (LORENZI, 2008) e são ortodoxas em relação ao armazenamento, podendo ser conservadas com baixos valores de temperatura e umidade relativa do ar, desde que seu grau de umidade seja inferior a 10% (WIELEWICKI et al., 2006). Grings e Brack (2011) ressaltam que a espécie produz sementes aladas em grande quantidade de alta viabilidade, embora as mesmas devam ser semeadas adequadamente logo após a coleta, já que perdem a capacidade de germinação em poucas semanas, caso não sejam mantidas em condições de baixa temperatura e umidade. Em ambientes com temperatura e umidade relativas variáveis, perdem integralmente a capacidade germinativa em 60 dias (CARVALHO, 2003). Segundo Tonetto et al. (2015) é possível conservar as sementes por um período de 300 dias, em ambiente climatizado ou em câmara seca e fria (12 °C e 50% de UR), com as sementes mantidas dentro de sacos de plástico. Também podem ser conservadas no nitrogênio líquido, de acordo com Tresena et al. (2009). A curta longevidade natural das sementes está associada à pequena quantidade de substâncias de reserva armazenadas e ao elevado teor de óleo em sua composição química (DEGAN et al., 2001).

As mudas apresentam germinação epígea, com início entre 7 a 30 dias após a semeadura, apresentando uma raiz principal muito desenvolvida (CARVALHO, 2003). A espécie não suporta brejos e locais permanentemente alagados, tolera sombreamento de media intensidade no estágio jovem, as mudas podem ser plantadas a pleno sol em plantio puro, mas desenvolve-se com forma inadequada. Também pode ser usada em plantios mistos, associada com espécies pioneiras e secundárias, visando melhorias na forma de fuste; em vegetação matricial arbórea, em faixas, na vegetação secundária e plantada em linhas. Seu melhor crescimento

tem sido verificado em solos de fertilidade média a alta, profundos, com boa drenagem e de textura que varia de franca a argilosa (CARVALHO, 2003). Em geral, tem bom desempenho e de acordo com Paiva e Poggiani (2000), seu crescimento é intermediário.

Handroanthus heptaphyllus é uma planta alógama tendo pouca pré-disposição para a autofecundação (MORI, 2010). As espécies de fecundação cruzada são tipicamente caracterizadas por altas taxas de diversidade intrapopulacional e baixa diversidade entre subpopulações. Desse modo, por causa do intenso fluxo gênico entre populações, é possível, que parte significativa da diversidade genética da espécie seja amostrada quando se coletam sementes de diferentes indivíduos (KAGEYAMA et. al., 2003). Essa condição simplifica o esforço da coleta, pois a coleta de sementes pode ser realizada em uma só população natural, desde que se utilize grande quantidade de indivíduos (KAGEYAMA; GANDARA, 2000). Portanto, tendo em conta o sistema reprodutivo da espécie, nos programas de coleta de germoplasma seria interessante realizar uma maior amostragem dentro das subpopulações (MORI, 2010).

2.3. Biometria de Frutos e Sementes

Dentro da mesma espécie, existem variações entre os indivíduos provocadas por influências de fatores bióticos e abióticos, durante o desenvolvimento das sementes e à variabilidade genética. Assim, o tamanho e a massa de frutos e de sementes podem variar entre plantas da mesma espécie, de ano para ano, e também, dentro da mesma planta (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). Os estudos biométricos de frutos e sementes podem fornecer informações para conservação e exploração dos recursos genéticos (MATHEUS; LOPES, 2007) e contribuem para o conhecimento acerca do processo reprodutivo das espécies vegetais (GUERRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2006). O tamanho das sementes delimita a ocorrência e a distribuição das espécies dentro das comunidades (BEN-HUR et al., 2012) e influencia a vulnerabilidade das espécies com sementes recalcitrantes frente às mudanças climáticas, já que sementes menores podem estar mais expostas à dessecação durante períodos anormais de escassez de chuvas (JOET et al., 2013).

A variabilidade no tamanho e número de sementes em diferentes comunidades e sob condições ambientais divergentes podem informar sobre a amplitude ecológica e o potencial adaptativo de uma espécie (BRACALION; RODRIGUES, 2014). As espécies arbóreas tropicais apresentam grande variabilidade com relação ao tipo e tamanho de frutos e sementes (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011) e a classificação das sementes por tamanho, para determinação da qualidade fisiológica, tem sido bastante empregada na multiplicação das diferentes espécies vegetais (ALVES et al., 2005).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), em geral, as sementes de maior tamanho foram mais bem nutridas durante o seu desenvolvimento, possuindo embrião bem formado e com maior quantidade de substâncias de reserva, sendo conseqüentemente, mais vigorosas. Popinigis (1985) afirmou que o tamanho da semente, em muitas espécies é indicativo de sua qualidade fisiológica. Assim, dentro do mesmo lote, as sementes pequenas possuem menor emergência de plântulas e vigor, ao contrário das sementes de maior tamanho. Trabalhos desenvolvidos por Oliveira et al. (2004) com *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley, Amaral et al. (2011) com *Tabebuia heptaphylla* e Socolowski e Cicero (2008) com *Tecoma stans* Juss ex Kunth, sugerem que o tamanho e a massa das sementes influenciam o potencial fisiológico dos ipês. A avaliação dos caracteres biométricos de frutos e sementes é imprescindível para o melhoramento dessas características, principalmente para aumentar a qualidade dos lotes de sementes em relação à uniformidade de emergência e vigor das plântulas (PEDRON et al., 2004)

2.4. Qualidade Fisiológica de Sementes

O potencial fisiológico envolve informações sobre a germinação (viabilidade) e vigor das sementes. O teste de germinação fornece informações sobre o potencial de uma amostra para germinar em condições ótimas de ambiente. Contudo, quando se trata da utilização do material para semeadura em campo, é comum que lotes do mesmo cultivar e com capacidades de germinação semelhantes no laboratório, apresentem diferenças marcantes na porcentagem de emergência e também diferentes capacidades de armazenamento (MARCOS FILHO, 1999; 2005). Essas

diferenças podem ser atribuídas ao vigor das sementes, o qual pode ser entendido como o nível de energia que uma semente dispõe para realizar as tarefas do processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A aplicação de testes de vigor em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar e comparar lotes de sementes para diferentes objetivos. Comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênies e procedências, oferecem ao pesquisador dados adicionais em uma fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética (VALENTINI; PIÑA- RODRIGUES, 1995). Desta forma, os tecnologistas de sementes buscam desenvolver métodos que permitam avaliar com mais eficiência o potencial fisiológico das sementes (MARCOS FILHO, 1999; 2005). O desenvolvimento de métodos para avaliar o vigor de sementes tem por base o conhecimento de que o processo de deterioração tem início imediatamente após a maturidade fisiológica e prossegue enquanto as sementes permanecem em campo, durante a colheita, processamento e armazenamento (KRZYZANOWSKI et al., 1991). Diversos aspectos do vigor podem afetar o estabelecimento das plântulas em campo, portanto vários testes têm sido propostos, uma vez que a deterioração de sementes e a consequente perda de vigor se manifestam de diversas formas (MARCHI; CICERO, 2002). Entre os testes de vigor de utilização promissora em sementes de espécies florestais destacam-se os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica.

2.5. Variabilidade e Divergência Genética

Avaliar a diversidade genética das espécies nativas é essencial, pois fornece as bases para o melhoramento e estratégias de conservação tendo em consideração que o potencial adaptativo e evolutivo das populações depende da variabilidade genética das mesmas (RIBEIRO; RODRIGUES, 2006). Assim, é fundamental usar sementes com boa variabilidade genética e adaptadas às diferentes regiões (BROADHURST et al.; 2006).

A obtenção de sementes florestais é parte indissociável no processo de obtenção de mudas e sua produção tem diversas finalidades e aplicações (MARTINS, 2012). Neste contexto, para conseguir a sustentabilidade dos plantios,

sejam eles com finalidades produtivas e, ou conservacionistas é imprescindível conhecer a variabilidade e a base genética das sementes plantadas (PAULA, 2007). A alta variabilidade genética devido ao estágio relativamente selvagem, sem domesticação, aliado à alogamia têm sido apontadas como as grandes causas da variação no processo germinativo de sementes de espécies arbóreas nativas do Brasil. Sempre é questionado, por exemplo, a magnitude desta variação, embora o conhecimento da divergência genética entre os diferentes indivíduos da mesma população possa ser avaliada com base em características de frutos e sementes (KAGEYAMA et al., 2003), a exemplos dos trabalhos desenvolvidos por Gonzales (2007) com *Albizia haslerii*, Santos et al. (2009) com *Tabebuia chrysotricha*, Flavio (2010) com *Guazuma ulmifolia* e Roveri (2014) com *Ceiba speciosa*. De acordo com Paula (2007), essa grande variação pode ser usada como critério para determinar o número mínimo de matrizes que devem ser usadas para uma adequada representação da variabilidade da espécie.

Por outro lado, a estrutura genética das populações, que são fontes de sementes é na maioria dos casos desconhecida (MARTINS, 2012). Além disso, o uso de um número relativamente grande de matrizes para a coleta de sementes e produção de mudas, por si só, não é garantia de base genética suficiente na população resultante. A não consideração da diversidade genética pode, em curto e médio prazo, trazer consequências negativas em relação à sustentabilidade dos plantios obtidos por regeneração artificial, como um forte “efeito fundador” e uniformização genética das populações (GIUDICE NETO; SEBBENN; KAGEYAMA, 2005; PAULA, 2007), assim como levar a práticas de coleta de sementes acima do seu limite sustentável, que podem colocar em risco de extinção as populações naturais (MARTINS, 2012).

Os estudos sobre a diversidade genética, com base em informações fenotípicas ou genotípicas, podem estar voltados para o melhoramento genético, para associações evolutivas e para conservação e manejo de material genético (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Muitos dos métodos usados para se obter as informações genotípicas de um lote de sementes são complexos, pois envolvem análise de DNA ou isoenzimas, sendo inviáveis econômica e operacionalmente (PIÑA-RODRIGUES; FREIRE; SILVA, 2007). Por outro lado, o uso de informações

fenotípicas neste tipo de estudo é importante, pois em geral, é menos oneroso e permite boa diferenciação entre os genótipos avaliados (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Assim, muitos programas de melhoramento e/ou conservação de espécies utilizam técnicas biométricas, baseadas em métodos preditivos para a análise de divergência genética, avaliando caracteres morfológicos, fisiológicos, dentre outros, que são geralmente quantificados por uma medida de dissimilaridade. A variação, apresentada dentro das populações, possibilita a seleção e constitui uma das mais importantes fontes de variabilidade disponíveis para os melhoristas de plantas (GONZALES, 2007). A diversidade genética de uma população é relevante e deve ser quantificada, uma vez que provê informações sobre recursos disponíveis e auxilia na localização e no intercâmbio desses (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido com sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (ipê-roxo) obtidas de frutos em início de deiscência, apresentando as primeiras trincas/fendas, porém sem dispersão das sementes, colhidos de 25 árvores matrizes localizadas no Câmpus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista (FCAV-UNESP), e arborização urbana e praças da cidade de Jaboticabal (SP), em setembro de 2014. A escolha das matrizes foi baseada em recomendações de Mori (2003) pela evidência de frutificação abundante e bom aspecto fitossanitário (vigor, livre de pragas e doenças). Apesar de se recomendar uma distância mínima de 100 entre as matrizes, visando diminuir a possibilidade de seleção de indivíduos aparentados (SEBBENN, 2002), por se tratar, em muitos casos, de indivíduos implantados, esta distância foi reduzida para cerca de 30 m. Os frutos foram colhidos diretamente das árvores com auxílio de uma tesoura de poda alta, acondicionados em sacos de plástico, e transportados para o Viveiro Experimental de Plantas Ornamentais e Florestais da FCAV-UNESP, onde passaram por um processo de secagem natural, mantidos dentro dos sacos de papel.

A identidade dos frutos coletados e das sementes obtidas, de cada matriz, foi mantida para a realização das avaliações biométricas e dos experimentos.

3.1. Biometria de Frutos

Foram determinados o comprimento (CF, em cm) e o diâmetro (DF, em cm) dos frutos, de 15 unidades tomadas aleatoriamente de cada matriz, antes da abertura dos mesmos. No momento da abertura, também foi determinado o número de sementes por fruto (NSF), em 10 frutos por matriz. Para as avaliações de comprimento utilizou-se uma régua graduada (em mm) e para o diâmetro um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm. O comprimento foi considerado do ápice à base do fruto e o diâmetro foi avaliado na região mediana, em duas medidas perpendiculares.

3.2. Biometria de Sementes

As avaliações foram obtidas em sementes sem as alas. Foi utilizado um paquímetro digital (0,01 mm) para a determinação do comprimento (CS), largura (LS) e espessura (ES) de sementes, em cinco repetições de 20 sementes por matriz. Também, foi determinado o peso de mil sementes (P1000S) a partir de cinco repetições de 20 sementes tomadas ao acaso de cada matriz, sendo os valores expressos em gramas, conforme (BRASIL, 2009). De posse desta informação, obteve-se o número de sementes por kg (NKG).

3.3. Teste de Qualidade Fisiológica de Sementes

Após as sementes serem submetidas ao beneficiamento, onde as alas das mesmas foram retiradas de forma manual, e antes da realização dos testes foi determinado o teor de água das sementes, pelo método da estufa ($105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas), conforme especificado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), usando-se duas repetições de 15 sementes por árvore matriz. Os resultados foram expressos em base úmida, em porcentagem.

Para o teste de envelhecimento acelerado, foi determinado também o teor de água das sementes após o período de envelhecimento.

3.3.1. Teste de Germinação

Sementes de cada árvore matriz foram submetidas à germinação em caixas de plástico transparente, de 11 x 11 x 3,5 cm, com tampa, sobre duas folhas papel mata-borrão, umedecidas com água em quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do papel não hidratado conforme a recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e acondicionadas em germinadores tipo BOD, a 25°C e fotoperíodo de 8 h. As avaliações do número de sementes germinadas foram realizadas diariamente, tendo como critério de germinação a emissão de raiz

primária com comprimento maior ou igual a 0,5 cm para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG). Ao final do teste, que teve duração de 21 dias, foram determinados: porcentagem de germinação (G); índice de velocidade de germinação (IVG), obtido segundo Maguire (1962); valor pico da germinação (VP) - correspondente ao valor máximo da razão entre a porcentagem de germinação acumulada e número de dias necessário para se obtê-la (CZABATOR, 1962); valor germinativo (VG) – obtido pelo produto entre o VP e a germinação média diária (GMD - razão entre o total de sementes germinadas e o número de dias de duração do teste de germinação), conforme Czabator (1962) e o Índice de sincronização ou incerteza (IS) utilizando-se a seguinte expressão (LABOURIAU, 1983):

$$IS = -\sum_{i=1}^k f_i \cdot \log_2(f_i) \text{ sendo } f_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad [1]$$

Onde f_i : frequência relativa de germinação; k : último dia da observação e n_i : número de sementes germinadas no dia i .

Ao final do teste de germinação foi avaliada a porcentagem de plântulas normais (PN) e anormais (PA) - relação porcentual entre o número de plântulas com e sem as estruturas essenciais perfeitas, respectivamente, e o número de sementes colocadas para germinar (OLIVEIRA, 1993) e o comprimento de plântulas (CP, mm) –avaliado em todas as plântulas normais de cada repetição/tratamento, obtido com o auxílio de uma régua graduada.

3.3.2. Teste de Envelhecimento Acelerado

Realizado em caixas de plástico transparente (11 x 11 x 3,5 cm), com tampa, conforme método do “gerbox” descrito por Marcos Filho (1999), contendo 40 mL de água destilada em seu interior. As sementes foram dispostas sobre uma tela de alumínio, formando uma camada uniforme sobre a sua superfície, a qual foi acomodada no interior das caixas acima do nível da água. As caixas tampadas foram mantidas em germinadores verticais tipo B.O.D. regulados para 45 °C, por 72 h (tempo determinado em testes preliminares, conduzidos por 24, 48, 72 e 96 h). Decorrido esse período, as amostras de sementes foram colocadas para germinar

nas mesmas condições descritas anteriormente, e aos 14 dias, foi avaliada a porcentagem de germinação após o envelhecimento.

3.3.3. Teste de Condutividade Elétrica

Conduzido a 25 °C, usando-se cinco repetições de 20 sementes por árvore matriz, embebidas em 75 mL de água deionizada ($\leq 2,5 \mu S cm^{-1}$ de condutividade) por 48 h (baseados em testes preliminares, em que foram avaliados diferentes períodos de embebição por 24, 48, 72, 96 e 120 h). A condutividade elétrica da solução foi determinada com o uso de um condutivímetro de bancada, com constante 1,0. As repetições foram previamente pesadas em balança analítica (0,0001 g) e os resultados da leitura de condutividade elétrica foram divididos pelos respectivos valores de massa fresca (g) das sementes, expressando-se os valores em $\mu S cm^{-1} g^{-1}$ de sementes.

3.3.4. Teste de Submersão

Realizado 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. Após 14 dias da implantação do teste, foi avaliada a porcentagem de sementes com protrusão de radícula.

3.4. Delineamento Experimental e Análises dos Dados

3.4.1. Análises de variância, comparação de médias e correlação entre caracteres

Todos os experimentos foram conduzidos sob o delineamento de blocos casualizados com 25 tratamentos (árvores matrizes) e cinco repetições de 20 sementes. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors (CRUZ,

2001). Nove características não apresentaram normalidade dos dados, sendo realizada a transformação logarítmica [$\text{Log}(x+1)$] para IVG, VP, VG e NKG, e a transformação raiz quadrada [$\sqrt{X+0,5}$] para PN, PA, GTS, GEA e PS, em que X é a característica estudada, porém nas Tabelas são apresentados os dados originais (sem transformação), para facilitar o entendimento. Posteriormente ao atendimento da normalidade dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de Bartlett para verificação da homogeneidade de variâncias, conforme recomendações de Santana e Ranal (2004). Para avaliar a existência de variabilidade genética entre as matrizes, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Adicionalmente foram obtidas estimativas de coeficientes de correlação de Pearson entre todas as características avaliadas nos diferentes testes. Para estas análises utilizou-se o Software GENES (CRUZ, 2001).

3.4.2. Divergência genética entre matrizes e importância de caracteres.

Com o objetivo de agrupar as árvores matrizes mais similares e identificar os principais caracteres para a divergência genética entre as mesmas, os dados foram submetidos à análise de agrupamento pelos métodos hierárquico de Ward e de dispersão por Componentes Principais. Para o método de Ward, utilizou-se como medida de dissimilaridade a distância Euclidiana (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004) calculada com base na média padronizada de cada caráter avaliado por árvore matriz. Adotou-se como ponto de corte do eixo horizontal do dendrograma obtido, a média das distâncias euclidianas entre todos os pares de caracteres avaliados.

Para a determinação da importância das características no estudo da divergência genética entre as árvores matrizes pela Análise de Componentes Principais, foram estimados os autovalores (variância associada a cada componente principal) a partir das raízes características da matriz R (matriz de correlação) e os autovetores (conjunto dos coeficientes de ponderação dos componentes principais) foram estimados pelos elementos dos vetores característicos correspondentes. Para a identificação da importância relativa de cada variável, foram consideradas de

menor importância as variáveis de maior coeficiente de ponderação (elementos dos autovetores), em valor absoluto, a partir do último componente até aquele cujo autovalor não excedesse 0,70, conforme recomendação de Cruz, Regazzi e Carneiro (2004). As análises de agrupamento pelo método de Ward e de Componentes Principais foram processadas no Software STATISTICA (2011) versão 10.0.

O estudo da divergência genética foi realizado considerando-se três situações: 1) apenas os caracteres biométricos de frutos e sementes; 2) apenas os caracteres de qualidade fisiológica de sementes e 3) simultaneamente, os caracteres biométricos de frutos e sementes e os caracteres de qualidade fisiológica de sementes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Biometria de Frutos e Sementes

Houve diferenças significativas entre as 25 árvores matrizes para todos os caracteres biométricos avaliados (Tabela 1). As estimativas de coeficientes de variação foram baixas ($< 10\%$) segundo a classificação de Gomes (2000), para a maioria dos caracteres, exceto para o comprimento de fruto (13,72%) e número de sementes por fruto (25,01%), cujos coeficientes são considerados médios (10-20%) e altos ($> 20\%$), respectivamente. Similarmente, Roveri (2014) trabalhando com árvores matrizes de *Ceiba speciosa*, verificou que os coeficientes de variação foram médios para comprimento de fruto (10,6%), altos para número de sementes por fruto (35%) e baixos para todos os caracteres biométricos das sementes e diâmetro dos frutos. As diferenças significativas entre as árvores matrizes indicam a existência de variabilidade genética no material avaliado, podendo assim ser feita uma separação e seleção de matrizes onde os frutos e/ou sementes possuam as características desejadas em relação aos caracteres estudados. Em relação ao comprimento e diâmetro de frutos, as árvores matrizes foram separadas em seis grupos, variando de 29 cm (matriz 22) a 72 cm (matriz 25), e de 1,77 cm (matriz 5) a 2,55 cm (matriz 17) respectivamente.

Para o número de sementes por fruto, comprimento e largura de sementes, peso de 1000 sementes e número de sementes por kg, as árvores matrizes foram separadas em cinco grupos; para espessura de sementes, houve a formação de quatro grupos de árvores matrizes (Tabela 1). A variação observada entre as variáveis pode ser explicada, principalmente, por variações genéticas entre as árvores matrizes, mas também em parte, por variações ambientais, principalmente variações microambientais, já que a localização das matrizes estudadas é relativamente próxima, onde espera-se que as condições macroambientais, principalmente de temperatura e precipitação, não são tão expressivas. Embora, outras causas ambientais como fertilidade do solo, compactação do solo próximo a algumas árvores matrizes, e também à idade das árvores matrizes e variações no estágio de maturação fisiológica e teor de água das sementes no momento da

colheita, possam contribuir também para a variabilidade observada. Nas espécies arbóreas tropicais existe grande variabilidade com relação aos caracteres biométricos de frutos e sementes (CRUZ; CARVALHO, 2003).

Tabela 1. Valores de F, coeficientes de variação experimental (CV, %), média geral (Média) e comparação de médias para comprimento de frutos (CF, cm), diâmetro de frutos (DF, cm), número de sementes por fruto (NSF), comprimento (CS, mm), largura (LS, mm) e espessura de sementes (ES), peso de 1000 sementes (PS, g) e número de sementes por kg (NKG), avaliados em 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

	CF		DF		NSF		CS		LS		ES		PS		NKG		
Valor de F	27,73**		31,87**		9,74**		14,51**		28,80**		16,05**		22,46**		18,10**		
Média	45,87		2,16		157		18,95		12,47		2,20		145,16		8041		
CV (%)	13,72		7,15		25,01		7,19		6,08		9,62		8,40		2,13		
Matriz			Media														
1	51,93	c	2,33	b	198	b	18,99	c	12,48	d	2,46	b	157,66	d	6904	d	
2	44,40	d	2,03	d	182	b	17,71	d	11,55	d	2,12	c	105,29	e	10015	c	
3	48,87	c	2,05	d	206	b	18,75	c	11,72	d	2,06	c	119,87	d	8495	d	
4	60,85	b	1,99	d	255	a	19,49	c	12,10	d	1,74	d	131,61	d	7613	d	
5	46,13	d	1,77	f	194	b	15,01	e	9,69	e	1,89	d	87,49	e	11564	c	
6	46,93	d	2,19	c	167	c	20,33	b	13,53	c	2,22	c	151,19	d	6787	d	
7	43,53	d	2,27	c	135	d	18,35	c	13,07	c	2,17	c	142,95	d	7092	d	
8	46,80	d	2,47	a	162	c	19,25	c	14,98	b	2,84	a	157,42	d	6378	d	
9	43,73	d	2,09	d	149	c	16,87	d	9,84	e	2,22	c	84,91	e	13815	b	
10	45,73	d	1,95	d	130	d	19,79	b	10,20	e	1,68	d	89,36	e	11593	c	
11	36,27	e	2,35	b	167	c	17,13	d	12,39	d	2,13	c	150,95	d	6753	d	
12	51,73	c	1,92	e	96	e	21,01	b	10,59	e	2,18	c	145,09	d	6966	d	
13	43,60	d	2,11	d	190	b	15,44	e	11,58	d	2,02	c	89,49	e	11441	c	
14	50,07	c	2,27	c	170	c	20,15	b	13,10	c	2,77	a	183,30	c	5783	e	
15	41,47	d	2,07	d	76	e	22,38	a	13,44	c	2,51	b	221,38	b	4565	e	
16	35,13	e	2,53	a	117	d	22,87	a	15,85	b	2,58	b	276,87	a	3693	e	
17	49,00	c	2,55	a	142	c	22,35	a	17,16	a	2,84	a	255,51	a	3935	e	
18	50,27	c	2,33	b	130	d	20,62	b	13,70	c	2,75	a	159,41	d	6355	d	
19	34,20	e	1,80	f	123	d	18,36	c	10,21	e	1,50	d	99,98	e	10024	c	
20	38,33	e	2,06	d	120	d	18,56	c	10,87	e	1,99	c	133,05	d	7715	d	
21	45,73	d	2,37	b	164	c	19,08	c	13,21	c	2,61	b	175,48	c	5901	e	
22	29,00	f	1,83	f	147	c	13,63	e	11,92	d	1,74	d	62,12	e	16729	a	
23	45,53	d	2,39	b	204	b	16,87	d	12,41	d	2,03	c	125,88	d	8006	d	
24	45,60	d	2,30	c	156	c	18,87	c	12,58	d	2,20	c	137,13	d	7383	d	
25	72,00	a	2,03	d	156	c	21,90	a	13,58	c	1,84	d	185,68	c	5520	e	

** - valor significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

Quanto as características dos frutos, o comprimento médio dos frutos foi de 45,87 cm, variando 148% entre a matriz 25 (72 cm) e a matriz 22 (29 cm), e o diâmetro médio dos frutos foi de 2,16 cm, sendo 44% superior na matriz 17 (2,55 cm) em relação à matriz 5 (1,77 cm), denotando maior amplitude de variação no comprimento do que em diâmetro de frutos. Estes valores são superiores aos da faixa de comprimento (20 a 35 cm) e de diâmetro de frutos (1,5 cm) reportados por Carvalho (2003) para a espécie. Das características das sementes, maior variabilidade ocorreu para o número de sementes por quilograma, obtido a partir do peso de 1000 sementes, com 353% de diferença entre as matrizes mais contrastantes. Cabe ressaltar que a matriz 16 apresentou as sementes mais pesados (276,87 g), e como esperado, menor número de sementes por kg (3.693), ao contrário da matriz 22 com 62,12 g em 1000 sementes e 16.729 sementes por kg. O número de sementes por fruto, também apresentou alta variabilidade entre as árvores matrizes, variando de 76 (matriz 15) a 255 (Matriz 4), com média de 157 sementes. Estes valores encontram-se próximos ao valor médio de 192 unidades citado por Carvalho (2003). O comprimento de sementes variou de 13,63 mm (matriz 22) a 22,87 mm (matriz 16), e estes valores são superiores a faixa de 10,3 a 10,7 mm reportada por Martins (2011), e inferiores a faixa de 20,5 a 30 mm citada por Longhi (1995). A largura de sementes variou de 9,69 mm (matriz 5) a 17,16 mm (matriz 17), superior aos valores reportados na literatura, que são de 6 a 7 mm (LONGHI, 1995) e 7,5 a 8,9 mm (MARTINS, 2011). Os valores registrados para espessura de sementes variaram de 1,50 mm (matriz 19) a 2,84 mm (matriz 17) e são superiores a faixa de 0,5-1,2 mm citada por Martins (2011).

4.2. Teste de Germinação

O teor de água inicial das sementes foi bastante variável, sendo a média das matrizes igual a 7%, com variação de 4,5%, na matriz 25, a 13% na matriz 19 (Tabela 2).

Houve diferenças significativas entre as médias das árvores matrizes para todos os caracteres avaliados no teste de germinação (Tabela 3). O coeficiente de variação variou de 12,89% a 21,63%, e demonstra boa precisão experimental na

avaliação de todos os caracteres. Os maiores coeficientes de variação foram obtidos para índice de sincronização (21,63%), porcentagem de plântulas normais (20,39%) e anormais (20,42%) (Tabela 3).

Tabela 2. Teor de água (%) inicial das sementes de 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, antes da realização do teste de germinação.

Matriz	Teor de água (%)	Matriz	Teor de água (%)
1	7,0	14	6,5
2	7,5	15	6,5
3	7,0	16	6,0
4	7,0	17	6,5
5	6,0	18	7,0
6	7,5	19	13,0
7	6,5	20	7,0
8	7,5	21	6,0
9	7,0	22	5,0
10	7,5	23	7,0
11	7,5	24	6,5
12	7,0	25	4,5
13	7,0		

Os resultados deste trabalho são compatíveis com outros de experimentos com sementes florestais nativas de espécies não melhoradas geneticamente. Isto indica uma grande heterogeneidade nos lotes de sementes empregados, os quais muitas vezes são caracterizados por grande variação em tamanho e massa de sementes.

De todos os caracteres avaliados, o valor pico foi o mais efetivo para a diferenciação das 25 árvores matrizes, já que permitiu a formação de sete grupos, de médias. Em contraste, o índice de sincronização pouco discriminou as árvores matrizes. As médias de valor pico variaram de 1,32 (matriz 18) a 10,95 (matriz 4), evidenciando amplitude. Para o valor germinativo, as árvores matrizes foram divididas em cinco grupos, com médias variando de 0,98 (matriz 18) a 39,97 (matriz 4).

Tabela 3. Valores de F, coeficientes de variação experimental (CV, %), média geral (Média) e comparação de médias de porcentagem de germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), valor pico (VP), valor germinativo (VG) e índice de sincronização (IS), comprimento de plântulas (CP), porcentagem de plântulas normais (PN) e anormais (PA), avaliados após o teste de germinação de sementes de 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

	G	IVG	VP	VG	IS	CP (mm)	PN	PA
Valor F	27,34**	18,99**	19,08**	23,76**	4,22**	3,44**	8,85**	5,80**
CV (%)	18,58	17,79	12,89	16,85	21,63	17,12	20,39	20,42
Média	49	1,63	5,58	16,24	2,13	76,42	24	29
Matriz	Médias							
1	73 a	2,21 b	8,36 b	31,01 a	2,38 a	93,06 a	45 a	32 b
2	27 d	1,10 c	3,23 e	4,96 d	1,80 b	81,54 a	20 c	15 c
3	78 a	2,58 a	8,79 b	34,25 a	2,59 a	76,24 a	42 a	32 b
4	75 a	3,01 a	10,95 a	39,97 a	2,21 a	82,46 a	35 b	41 a
5	75 a	3,00 a	10,38 a	37,18 a	2,13 a	83,68 a	51 a	26 b
6	47 c	1,31 c	4,56 d	10,59 b	2,31 a	67,48 b	26 b	27 b
7	33 c	1,10 c	3,59 e	6,35 c	2,06 a	74,32 a	18 c	19 c
8	23 d	0,72 d	2,70 f	3,19 d	1,61 b	46,86 c	9 d	20 c
9	51 b	1,67 b	5,49 c	13,46 b	2,48 a	60,66 c	25 b	30 b
10	39 c	1,30 c	4,44 d	8,28 c	2,22 a	56 c	18 c	29 b
11	60 b	2,22 b	7,57 b	22,48 a	2,25 a	82,86 a	35 b	31 b
12	76 a	2,46 a	7,80 b	29,12 a	2,60 a	83,08 a	46 a	33 b
13	26 d	1,01 c	3,48 e	5,91 d	1,43 b	81,9 a	10 d	20 c
14	40 c	0,97 c	3,31 e	6,84 c	2,17 a	70,48 b	16 c	29 b
15	60 b	1,87 b	6,13 c	17,55 b	2,67 a	69,14 b	25 b	43 a
16	37 c	0,82 d	2,65 f	4,86 d	2,33 a	89,94 a	11 d	36 b
17	29 d	0,63 d	2,27 f	3,23 d	1,81 b	77,28 a	16 c	16 c
18	16 d	0,40 d	1,32 g	0,98 e	1,48 b	70,14 b	12 d	11 c
19	72 a	2,75 a	10,10 a	34,98 a	2,27 a	82,44 a	35 b	40 a
20	74 a	2,39 a	7,74 b	27,31 a	2,48 a	77,28 a	22 c	55 a
21	69 a	2,51 a	7,84 b	26,46 a	2,45 a	77,72 a	26 b	44 a
22	17 d	0,77 d	3,04 e	3,71 d	1,39 b	84,6 a	8 d	10 c
23	24 d	0,77 d	3,11 e	4,27 d	1,31 b	76,74 a	7 d	12 c
24	65 b	1,71 b	5,27 c	16,92 b	2,80 a	72,06 b	28 b	43 a
25	45 c	1,57 b	5,41 c	12,10 b	2,16 a	92,62 a	13 d	32 b

** - valor significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

O comprimento de plântula e a porcentagem de plântulas anormais dividiram as árvores matrizes em três grupos, que variam de 46,86 (matriz 8) a 93,06 mm (matriz 1) e de 10% (matriz 22) a 55% (matriz 20), respectivamente. Para o índice de sincronização apenas dois grupos foram formados, variando de 1,30 (matriz 23) a

2,80 (matriz 24). Para a germinação, índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais houve a formação de quatro grupos de árvores matrizes, com médias variando de 16% (matriz 18) a 78% (matriz 3) para a germinação, de 0,400 (matriz 18) a 3,008 (matriz 4) para índice de velocidade de germinação, e de 7% (matriz 23) a 51% (matriz 5) para porcentagem de plântulas normais. Apesar das três variáveis separarem as árvores matrizes no mesmo número de grupos, houve alterações na constituição desses grupos. Ao contrário, a composição dos grupos de médias de árvores matrizes observada para o índice de velocidade de germinação se aproximou bastante do observado para porcentagem de germinação, demonstrando a eficiência do mesmo na caracterização da qualidade fisiológica das sementes e na discriminação dos genótipos.

4.3. Testes de Vigor: envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica

Na Tabela 4, são apresentados os resultados do teor de água das sementes, após as sementes permanecerem sobre bancada de laboratório por 7 dias, anteriormente à instalação do teste de condutividade elétrica, submersão e envelhecimento acelerado, e o teor de água após do teste de envelhecimento acelerado.

Tabela 4. Teor de água (%) inicial e após o teste de envelhecimento acelerado (EA) das sementes de 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

Matriz	Teor de água (%)		Matriz	Teor de água (%)	
	Inicial	Após EA		Inicial	Após EA
1	10,0	41,0	14	6,0	64,5
2	6,0	45,5	15	6,0	55,0
3	10,0	50,0	16	6,0	29,5
4	6,0	54,0	17	7,0	44,0
5	5,5	49,0	18	8,0	56,0
6	7,5	53,0	19	6,5	66,0
7	7,0	43,5	20	6,0	49,5
8	6,0	41,0	21	9,0	42,0
9	12,5	54,0	22	6,5	47,0
10	7,5	47,5	23	10,5	36,5
11	9,5	42,5	24	6,0	50,0
12	5,5	31,5	25	10,0	43,5
13	5,0	37,5			

Apesar das sementes ficarem secando sobre bancada de laboratório, por sete dias, não foi possível atingir teor de água semelhante entre as matrizes antes da realização dos testes. Assim, observou grande variação no teor de água das sementes, desde 5% (matriz 13) até 12,5% (matriz 9). Por outro lado, o teor de água das sementes envelhecidas atingiu valores muito elevados, desde 29,5% (matriz 16) até 66% (matriz 19), com um valor médio entre as árvores matrizes de 47%. Santos et al. (2009), com matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) encontraram teores de água de 8% a 16% nas sementes não envelhecidas, e de 29% a 63% após o envelhecimento acelerado. Estes autores também observaram que árvore matriz de maior teor de água apresentou sementes de baixo vigor e sua massa fresca foi a mais baixa entre as matrizes, indicando pequena quantidade de reservas e justificando o desempenho inferior. Ainda, de acordo com estes autores, é possível a ocorrência de sementes imaturas em algumas árvores matrizes. É importante ressaltar que durante a condução do teste de envelhecimento acelerado, não houve a abertura da câmara utilizada de envelhecimento, o que segundo Marcos Filho (1999), mesmo por períodos curtos, a abertura da câmara pode afetar os resultados do teste, sendo que nestas condições ocorre o resfriamento do ar, e a consequente condensação da água sob a tampa dos “gerbox”, com o umedecimento das sementes, o que pode contribuir para valores de teor de água elevados após o EA, à semelhança dos valores aqui obtidos.

Nos testes de envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica, houve diferenças entre as árvores matrizes para os caracteres avaliados e pode-se inferir que a variabilidade genética entre as matrizes é de grande magnitude. De acordo com a classificação de Gomes (2000) os coeficientes de variação resultantes entre 10 e 20% são considerados como médios (Tabelas 5). Tratando-se de uma espécie selvagem, os coeficientes de variação, apoiam a confiabilidade nos resultados. Dos testes de vigor, a condutividade elétrica foi mais efetiva para a diferenciação das 25 árvores matrizes, já que permitiu a formação de seis grupos de médias, que variaram de 133,79 (matriz 5) a 399,93 $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ (matriz 22). Para a germinação após o envelhecimento acelerado, as árvores matrizes foram divididas em cinco grupos, com médias variando de 13% (matriz 23) a 75% (matriz 5); para germinação no teste de submersão, houve a formação de quatro grupos de árvores

matrizes, com médias variando de 7% (matriz 18) a 53% (matriz 5). O teste de envelhecimento acelerado promoveu pequena redução na germinação das sementes em relação à germinação de sementes não envelhecidas, mas por outro lado, conseguiu separar as matrizes em um maior número de grupos, comparativamente a este, o que pode facilitar a seleção das mesmas.

Tabela 5. Valores de F, coeficientes de variação experimental (CV, %), média geral e comparação de médias de porcentagem de germinação no teste de submersão (GTS), envelhecimento acelerado (GEA) e condutividade elétrica de massa (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) avaliados em 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

	GTS	GEA	CE
Valor F	10,71**	19,73**	16,06**
CV (%)	17,75	12,21	13,24
Média	26	42	249,28
Matriz	Medias		
1	39 b	74 a	180,06 e
2	15 c	22 d	303,63 c
3	48 a	65 a	184,30 e
4	34 b	53 b	249,18 d
5	53 a	75 a	133,79 f
6	17 c	49 b	263,78 c
7	17 c	33 c	266,87 c
8	16 c	24 d	306,88 c
9	22 c	32 c	235,43 d
10	15 c	20 d	283,34 c
11	40 a	67 a	211,04 d
12	37 b	56 b	173,23 e
13	17 c	18 e	280,40 c
14	25 c	37 c	253,46 d
15	23 c	43 b	218,43 d
16	9 d	31 c	233,51 d
17	22 c	32 c	236,34 d
18	7 d	22 d	355,76 b
19	35 b	66 a	210,97 d
20	28 b	61 a	275,60 c
21	29 b	46 b	224,63 d
22	16 c	14 e	399,93 a
23	10 d	13 e	314,74 c
24	45 a	44 b	238,84 d
25	32 b	44 b	197,95 e

** - valor significativo ($p \leq 0,01$) pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$).

O teste de submersão, ao contrário do teste de envelhecimento acelerado, diminuiu significativamente a germinação, embora tenha proporcionado a formação do mesmo número de grupos que o teste de germinação. Em geral, o coeficiente de variação variou entre 10 e 20%, e a máxima germinação alcançada no teste de germinação foi de 78% (Matriz 3). A partir da avaliação do valor pico da germinação e da condutividade elétrica na solução de embebição das sementes, estes dois caracteres evidenciam maior variabilidade entre as matrizes, permitindo uma separação e seleção de matrizes produtoras de sementes que possuam as características desejadas em relação aos caracteres estudados.

4.4. Correlação entre Caracteres

Quanto aos caracteres biométricos, houve alta correlação entre a largura e a espessura de sementes. O comprimento de sementes mostrou uma correlação moderada com a largura, e não se observou correlação entre a espessura e a comprimento (Tabela 6). Também como esperado, as sementes mais pesadas são as que apresentam maiores valores de comprimento, largura ou espessura, dada as altas estimativas de correlação entre o peso e as variáveis biométricas das sementes. O número de sementes por kg apresenta alta correlação negativa com o peso de 1000 sementes, já que quanto mais leves são as sementes, maior a quantidade de sementes para se obter um quilograma. Caracteres como comprimento de plântula, comprimento de frutos e número de sementes por fruto aparentemente não se correlacionam com outros quaisquer caracteres e nem entre si (Tabela 6).

Quanto aos 11 caracteres da qualidade fisiológica, as estimativas dos coeficientes de correlação foram de alta magnitude ($r > 0,70$) para maioria dos pares (Tabela 6). Em geral as características avaliadas no teste de germinação apresentaram altas estimativas de coeficientes de correlação entre si, exceto as correlações entre valor pico e o índice de sincronia, entre plântula normal e anormal, com estimativas moderadas, entre 0,50 e 0,70, e todas aquelas que envolveram o comprimento de plântulas. A condutividade elétrica apresentou correlações negativas, moderadas a altas, com todos os caracteres de qualidade fisiológica

Tabela 6. Estimativas de correlações entre as características biométricas de frutos e de sementes e de qualidade fisiológica de sementes avaliadas nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica, em 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

	IVG	VP	VG	IS	PN	PA	GTS	GEA	CE	CP	CF	DF	NSF	CS	LS	ES	PS	NKG
G	0.96	0.94	0.98	0.81	0.88	0.81	0.84	0.90	-0.78	0.27	0.13	-0.35	0.09	0.07	-0.43	-0.28	-0.03	-0.02
IVG		0.99	0.99	0.71	0.85	0.75	0.84	0.84	-0.72	0.28	0.12	-0.51	0.16	-0.10	-0.56	-0.45	-0.20	0.16
VP			0.99	0.67	0.84	0.73	0.83	0.83	-0.71	0.28	0.12	-0.52	0.21	-0.13	-0.57	-0.50	-0.23	0.19
VG				0.76	0.86	0.79	0.85	0.87	-0.76	0.28	0.13	-0.44	0.15	-0.03	-0.51	-0.40	-0.13	0.08
IS					0.69	0.86	0.62	0.72	-0.70	0.04	0.09	-0.14	-0.25	0.38	-0.20	-0.03	0.22	-0.25
PN						0.51	0.83	0.88	-0.78	0.25	0.12	-0.38	0.14	-0.03	-0.47	-0.21	-0.13	0.08
PA							0.57	0.68	-0.61	0.11	0.06	-0.13	-0.16	0.31	-0.20	-0.14	0.22	-0.25
GTS								0.84	-0.77	0.30	0.20	-0.37	0.24	-0.14	-0.38	-0.29	-0.14	0.10
GEA									-0.81	0.34	0.16	-0.22	0.08	0.13	-0.24	-0.13	0.12	-0.17
CE										-0.33	-0.31	0.14	-0.04	-0.25	0.17	0.05	-0.24	0.26
CP											0.09	-0.17	0.18	-0.06	-0.02	-0.28	0.10	-0.09
CF												0.03	0.36	0.41	0.14	0.07	0.23	-0.29
DF													0.01	0.40	0.79	0.79	0.69	-0.69
NSF														-0.42	-0.11	-0.19	-0.30	0.26
CS															0.60	0.48	0.84	-0.85
LS																0.71	0.83	-0.80
ES																	0.70	-0.68
PS																		-0.99

G – germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; VP – Valor pico; VG – Valor germinativo; IS – Índice de sincronização; PN – plântulas normais; PA – plântulas anormais; GTS – Teste de submersão; GEA –envelhecimento acelerado; CE – condutividade elétrica; CP – comprimento de plântulas; CF- comprimento de frutos; DF- diâmetro de fruto; NSF- número de sementes por fruto; CS- comprimento de sementes; LS- largura de sementes, ES- espessura de sementes; PS- peso de 1000 sementes; NKG- número de sementes por kg.

das sementes, indicando, como esperado, uma associação inversa entre condutividade e vigor das sementes. Houve alta correlação entre os testes de envelhecimento acelerado e de submersão, e moderada a alta correlação destes com os caracteres avaliados no teste de germinação. Assim, os resultados obtidos na análise de correlações confirmam que matrizes com bom desempenho germinativo no teste de germinação tendem a manter, em grande parte, este desempenho no teste de envelhecimento acelerado e no teste de submersão. Parte dos resultados obtidos nas análises de correlações com sementes de *Tabebuia chrysotricha* (SANTOS et al., 2009) está em concordância com os aqui obtidos. Por outro lado, altas correlações também foram obtidas entre alguns caracteres biométricos de frutos e sementes entre si. O diâmetro dos frutos está correlacionado positivamente com a largura e espessura de sementes, e com o peso de 1000 sementes; essas correlações positivas estão indicando que frutos de maior diâmetro contêm sementes mais pesadas, de maior largura e espessura.

A classificação de sementes e frutos por massa e tamanho é, muitas vezes, uma maneira eficiente de melhorar a qualidade de lotes de sementes em relação características importantes para a formação de mudas, como por exemplo, a uniformidade de emergência e vigor das plântulas (PEDRON et al., 2004). Neste trabalho não foram detectadas altas correlações entre os caracteres da qualidade fisiológica de sementes e os caracteres biométricos de frutos e sementes, apesar de terem sido observadas correlações negativas e moderadas entre a largura de sementes com três caracteres da germinação (o índice de velocidade de germinação, o valor pico e o valor germinativo) e, também, entre a espessura de sementes e o valor pico. Assim, as correlações poderiam ser um indicio de que as sementes de menor tamanho são sementes mais vigorosas em comparação as sementes maiores, mas isto não coincide com o desempenho observado nas matrizes 5, 22, 9 e 10 todas com sementes muito pequenas e leves. Oliveira (2010) não encontrou correlações expressivas entre a germinação ou o índice de velocidade de germinação em relação a caracteres morfológicos de frutos e sementes da espécie *Tabebuia caraiba* (Mart.).

4.5. Divergência por Caracteres Biométricos de Frutos e Sementes

As estimativas de dissimilaridade são importantes para quantificar e informar sobre o grau de semelhança ou de diferença entre genótipos de interesse (CRUZ; CARNEIRO, 2003). A partir da Distância Euclidiana calculada para as 25 matrizes, em relação aos oito caracteres biométricos de frutos e sementes, as matrizes 17 e 22 são as mais dissimilares apresentando maior distância (8,77) e as mais similares são as matrizes 7 e 24 apresentando menor distância (0,73). As distâncias entre todas as matrizes estão dispostas na Tabela 7.

As técnicas multivariadas são usadas amplamente com sucesso para medir a diversidade genética entre diferentes genótipos (ALVES et al., 2003), como a análise de agrupamento que tem por finalidade reunir por um critério qualquer de classificação, os genitores em vários grupos, de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Essa informação pode ser aproveitada para aumentar a eficiência nos programas de melhoramento, em que torna-se importante selecionar indivíduos que sejam geneticamente divergentes entre si e de bom desempenho, pois, desse modo, contribuem com um arranjo genético diferente e mais proveitoso (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Pelo método hierárquico de Ward, as árvores matrizes foram separadas em sete grupos, dentro de dois grandes conjuntos, a partir da linha de corte traçada pela estimativa da média das distâncias (Figura 1). O conjunto I agrupou 10 matrizes (20, 12, 19, 10, 22, 13, 9, 5, 3 e 2) com menor tamanho de frutos e sementes em comparação as 15 matrizes pertencentes ao conjunto II (17, 16, 15, 25, 4, 23, 11, 24, 7, 6, 18, 21, 14, 8 e 1). Os resultados do agrupamento permitem explicar as semelhanças e diferenças entre as matrizes, por meio das análises das características biométricas compartilhadas pelas matrizes de um mesmo grupo.

Tabela 7. Distância Euclidiana média entre 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, a partir de oito caracteres biométricos de frutos e sementes.

Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	2.54	2.02	3.10	4.31	1.57	2.12	2.12	3.58	4.10	2.32	3.55	3.16	1.46	4.19	4.69	4.21	2.15	4.93	3.28	1.38	5.82	1.83	1.55	3.71
2		1.08	3.12	2.12	2.32	2.24	3.82	1.65	2.24	2.35	3.13	1.22	3.36	4.82	6.13	6.14	3.55	2.84	2.09	3.08	3.50	1.99	1.92	4.59
3			2.15	2.64	1.99	2.43	3.70	2.55	2.70	2.55	3.22	1.94	3.02	4.81	5.94	5.79	3.45	3.46	2.61	2.90	4.43	1.84	1.92	3.91
4				3.79	3.35	4.14	4.94	4.41	4.12	4.28	4.53	3.59	4.16	6.10	6.97	6.48	4.78	4.99	4.49	4.27	5.99	3.16	3.62	3.46
5					4.31	4.10	5.78	2.21	2.83	4.01	4.27	1.90	5.20	6.46	8.06	8.09	5.48	2.97	3.35	4.98	3.00	3.54	3.89	5.75
6						1.34	2.26	3.51	3.41	2.10	2.79	3.22	1.73	3.18	4.06	3.95	1.86	4.07	2.48	1.53	5.34	2.24	1.07	3.37
7							2.43	2.99	3.17	1.42	2.74	2.84	2.32	3.22	4.22	4.39	2.07	3.62	1.79	1.69	4.69	2.10	0.73	4.10
8								4.61	5.23	2.86	4.32	4.33	1.60	3.71	3.52	2.84	1.46	5.88	4.03	1.31	6.45	3.11	2.37	4.67
9									2.12	3.14	3.37	1.70	4.28	5.42	6.97	7.09	4.19	2.82	2.35	3.96	3.16	2.98	2.80	5.57
10										3.70	2.60	2.82	4.68	5.00	6.85	7.15	4.47	1.75	2.09	4.46	3.72	3.65	3.06	4.75
11											3.76	2.63	2.82	4.06	4.52	4.90	3.01	3.79	2.18	2.01	4.52	1.63	1.44	5.06
12												4.12	3.37	2.99	5.41	5.63	3.07	3.38	2.17	3.47	5.52	4.15	2.80	3.58
13													4.18	5.77	6.86	6.83	4.34	3.22	2.79	3.74	2.93	1.99	2.59	5.38
14														3.13	3.70	3.21	1.25	5.38	3.50	0.94	6.47	3.05	2.09	3.81
15															2.92	3.67	2.71	5.19	3.55	3.20	7.03	5.09	3.57	4.55
16																2.05	3.53	7.04	5.28	3.54	8.40	5.50	4.47	5.77
17																	3.10	7.68	5.84	3.33	8.77	5.38	4.49	5.06
18																		5.26	3.36	1.36	6.37	3.39	2.05	3.89
19																			2.10	5.02	3.01	4.20	3.73	5.79
20																				3.08	3.93	2.98	1.99	4.76
21																					5.97	2.47	1.54	4.17
22																						4.62	4.81	7.50
23																							1.64	4.63
24																								3.92
25																								

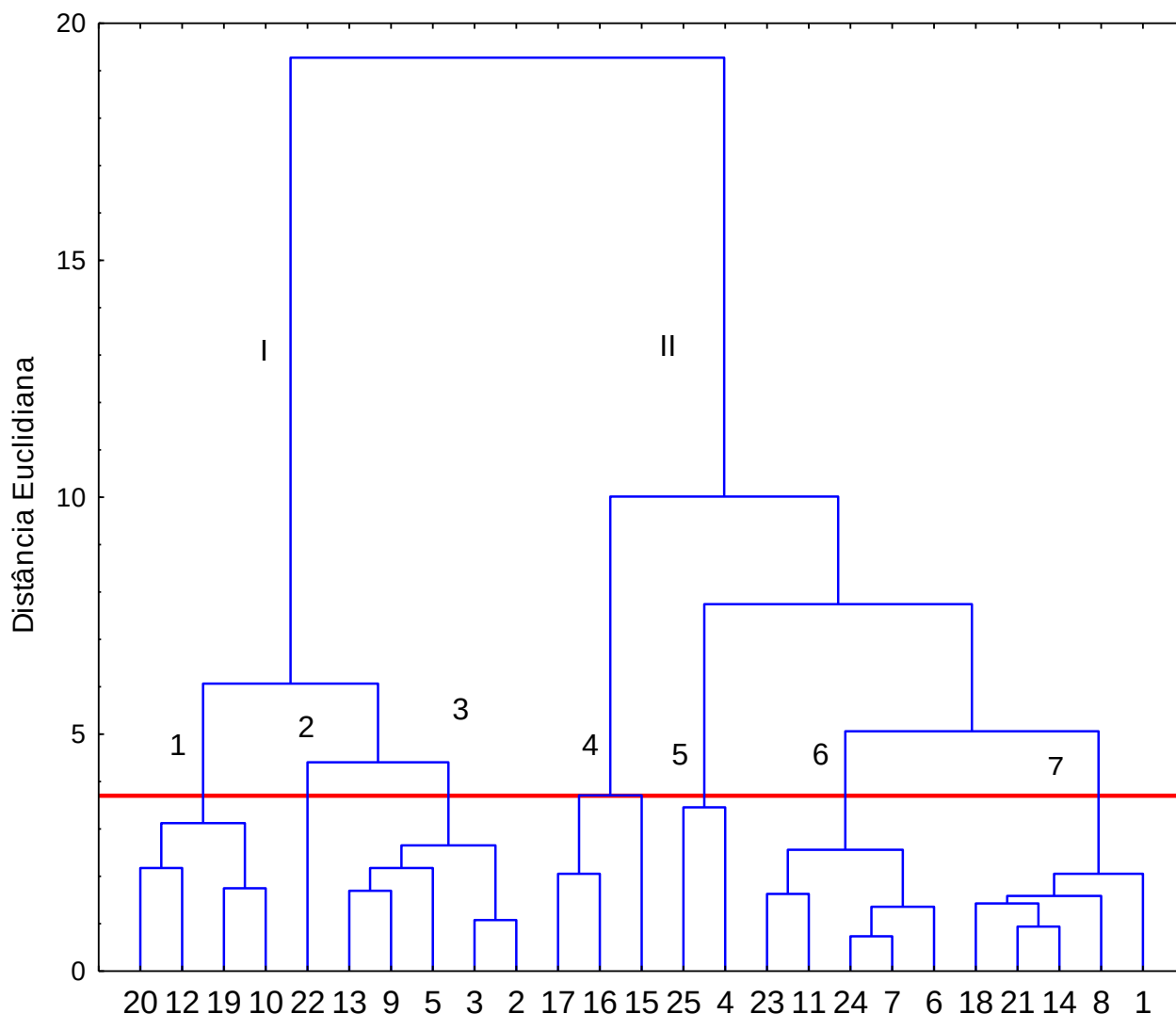


Figura 1. Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, obtido pelo método Ward a partir de oito caracteres biométricos de frutos e sementes. A linha em vermelho representa o “ponto de corte” (definido como a média das distâncias entre pares de árvores matrizes), dos grupos (identificados com números de 1 a 9 acima da linha vermelha), pertencentes a dois conjuntos (I e II).

No grupo 1 foram agrupadas quatro árvores (matrizes 20, 12, 19 e 10) que apresentaram sementes de menor largura. O segundo grupo formado somente pela matriz 22 caracteriza-se por frutos de menor comprimento e sementes muito leves em comparação às demais árvores matrizes. O grupo 3 (matrizes 13, 9, 5, 3 e 2) agrupou matrizes com sementes de baixo peso e largura. O grupo 4 (matrizes 17, 16 e 15) agrupou matrizes de maior comprimento, largura e espessura de sementes. No quinto grupo (matrizes 25 e 4) encontram-se duas matrizes com altos valores de comprimento de fruto. O grupo 6 (matrizes 23, 11, 24, 7 e 6) apresenta matrizes

com valores de espessura e peso de sementes muito próximos à media geral dessas características, além de terem sementes muito leves. No grupo 7 (matrizes 18, 21, 14, 8 e 1) foram agrupadas cinco matrizes com frutos e sementes superiores à media para comprimento e diâmetro de frutos, assim como de número de sementes por fruto, comprimento, largura e espessura de sementes.

A técnica dos componentes principais têm sido de grande utilidade no melhoramento genético em geral, já que transforma linearmente um conjunto de p variáveis em um conjunto com um número menor k de variáveis, não correlacionadas, chamadas de componentes principais (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). A importância de um componente é dependente da quantidade de variação total que ele explica em relação aos demais componentes. Um dos objetivos do uso dessa técnica em estudos sobre divergência genética é avaliar a dissimilaridade dos indivíduos em gráficos de dispersão onde os componentes são utilizados como eixos de referência. Neste caso, há certa distorção nas distâncias gráficas ou distâncias Euclidianas baseadas nos escores dos primeiros componentes principais, em relação às distâncias Euclidianas baseadas nos dados originais, já que é feita uma simplificação do espaço n -dimensional para o espaço bi-dimensional (CRUZ; REGAZZI, 1997). Para que esta distorção seja considerada aceitável e as inferências nas análises da diversidade genética sejam satisfatórias, é desejável que a variância acumulada nos dois primeiros componentes principais exceda 80% (CRUZ; CARNEIRO, 2003; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004) ou pelo menos 70% de acordo com Cruz (1990). Oliveira (2010) estudando a divergência genética de *Tabebuia caraíba* por médio de caracteres biométricos de flores, frutos, sementes e processo germinativo pela técnica dos Componentes Principais determinou que para se explicar um mínimo de 80% da variação originalmente disponível dos dados, foram necessários os seis primeiros componentes, já que os dois primeiros componentes principais absorveram apenas 50,85% da variância total, 62,22% nos três primeiros e, 69,41% nos quatro primeiros componentes. Observa-se, que a variância muitas vezes pode encontrar-se bastante diluída entre os componentes, situação na qual a eficiência do método fica comprometida. Na Tabela 8 e Figuras 2 e 3, observa-se que os dois primeiros componentes principais absorveram 76,66% da variância total.

Tabela 8. Autovalores (variância-v) associados aos componentes principais (CP) e respectivos autovetores para os oito caracteres biométricos de frutos e sementes avaliados em 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

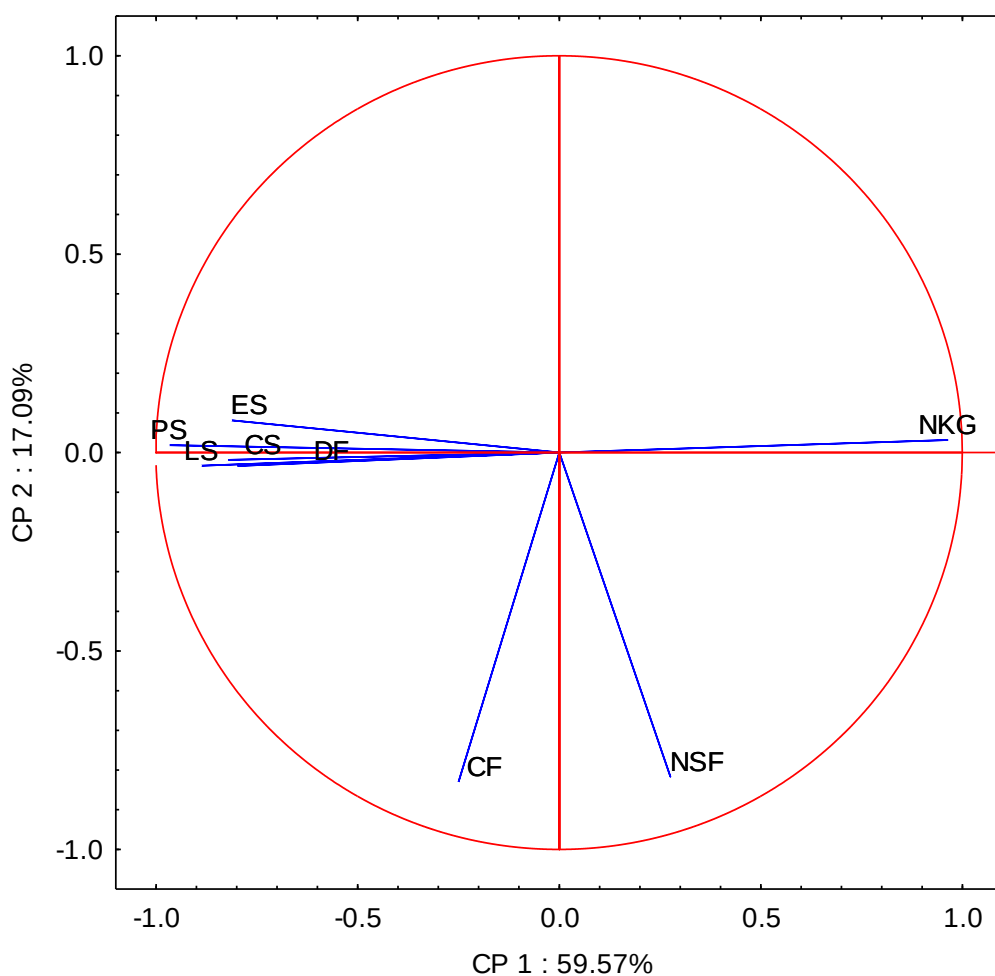
CP	A	AV	AUTOVETOR ASSOCIADO							
			CF	DF	NSF	CS	LS	ES	PS	NKG
CP1	4,765	59,566	-0,115	-0,366	0,126	-0,377	-0,407	-0,372	-0,443	0,441
CP2	1,368	76,660	-0,710	-0,029	-0,698	-0,016	-0,028	0,070	0,016	0,027
CP3	1,119	90,647	0,399	-0,494	-0,421	0,491	-0,225	-0,315	0,110	-0,130
CP4	0,346	94,973	0,362	0,026	-0,277	-0,057	-0,328	<u>0,752</u>	-0,255	0,223
CP5	0,177	97,184	-0,260	0,143	0,287	0,139	<u>-0,793</u>	0,073	0,235	-0,347
CP6	0,139	98,923	0,207	<u>0,773</u>	-0,279	0,112	-0,174	-0,413	-0,224	0,137
CP7	0,082	99,944	0,285	0,002	-0,287	<u>-0,762</u>	-0,090	-0,125	0,328	-0,353
CP8	0,004	100,000	0,032	0,053	0,010	0,010	-0,086	-0,012	<u>0,717</u>	0,689

CP- Componente principal; A- Autovalor; AV- Variância Acumulada (AV,em%); CF- comprimento de frutos; DF- diâmetro de fruto; NSF- número de sementes por fruto; CS- comprimento de sementes; LS- largura de sementes; ES- espessura de sementes; PS- peso de 1000 sementes; NKG- número de sementes por kg.

Quando os resultados evidenciam que os primeiros componentes envolvem mais de 70% da variação disponível nos dados, é possível seu aproveitamento, para estudar a divergência genética por meio da dispersão dos escores em gráficos onde a variabilidade disponível seja maximizada (CRUZ; REGAZZI, 1997). Analisando os caracteres dos cinco últimos autovetores (Tabela 8), identificam-se os seguintes caracteres passíveis de descarte: PS (CP8 = 0,717), CS (CP7 = -0,762), DF (CP6= 0,773), LS (CP5 = -0,793), ES (CP4= 0,752). Segundo as recomendações de Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) esses caracteres apresentaram maior coeficiente de ponderação (elemento do autovetor) nos componentes de menor autovalor, ao considerar desde o último componente (CP8) até aquele cujo autovalor não exceda 0,7 (CP4). Portanto, com base neste critério, o comprimento de fruto, número de sementes por fruto e número de sementes por kg seriam as variáveis biométricas mais importantes para explicar a variabilidade genética das árvores matrizes. Caracteres dispensáveis nos estudos de divergência genética são aqueles invariantes ou redundantes por serem correlacionadas a outros, portanto, na técnica dos componentes principais, depois da simplificação estrutural, só se contará com caracteres cujas correlações são nulas ou de baixa magnitude (CRUZ; REGAZZI, 1997; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Neste estudo, as estimativas dos coeficientes de correlação evidenciam estas afirmativas, assim, o comprimento de

fruto e o número de sementes por fruto não apresentam correlações altas com nenhum dos demais caracteres, e por isto não foram descartados. Ao contrário, o número de sementes por kg apresenta elevados coeficientes de correlação com todas as variáveis que foram eliminadas pela redundância.

A Figura 2 mostra a correlação dos oito caracteres biométricos de frutos e sementes que discriminam a posição das 25 árvores matrizes, em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2).



CF- comprimento de frutos; DF- diâmetro de fruto; NSF- numero de sementes por fruto; CS- comprimento de sementes; LS- largura de sementes, ES- espessura de sementes; PS- peso de 1000 sementes; NKG- numero de sementes por kg.

Figura 2. Correlação dos oito caracteres de biométricos de frutos e sementes que discriminam a posição das 25 árvores matrizes de *Handroantylus heptaphyllus*, referentes aos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2).

22, 15, 16, 17 e 25 e evidenciam propriedades específicas e que as diferenciam das demais (a maioria) encontradas no meio do gráfico, cujas médias estão próximas. Como exemplo, a matriz 4 apresenta número elevado de sementes por fruto. Algumas árvores matrizes isoladas deste gráfico estão concordantes com as matrizes agrupadas no método de Ward; como as matrizes 16, 17 e 15 que formaram o grupo 4 e as matrizes 4 e 25, do grupo 5, segundo o agrupamento do método de Ward. Pelos dados das Distâncias Euclidianas e a análise de Componentes Principais infere-se que as árvores matrizes mais divergentes são a 17 e 22, que se encontram visivelmente mais distantes na dispersão gráfica das 25 matrizes, desse modo, evidenciando que os seus caracteres são opostos quanto aos valores das médias dos caracteres biométricos de frutos e sementes.

4.6. Divergência por Caracteres da Qualidade Fisiológica de Sementes

Com base nas medidas de dissimilaridade genética, estimadas pela distância Euclidiana entre as 25 árvores matrizes estudadas em relação aos 11 caracteres da qualidade fisiológica de sementes, as árvores 5 e 18 são consideradas mais dissimilares entre si, com uma distância genética de 9,59, já as matrizes 4 e 19 foram as mais similares, em razão de terem exibido a menor distância média entre os pares de distâncias estimadas (0,97) (Tabela 9). A distância euclidiana é a medida de distância mais frequentemente empregada quando todas as variáveis são quantitativas. É utilizada para calcular medidas específicas e, quanto mais próximo de zero for a distância euclidiana, mais similares são os objetos comparados (SEIDEL et al., 2008). Reconhecer os genótipos mais similares pela observação do conjunto de distâncias é trabalhoso e pouco eficiente, devido ao elevado número de medidas. Contudo, por causa da enorme complexidade para determinar quais as matrizes são mais ou menos similares, apenas com a análise das distâncias entre os pares de matrizes avaliadas, torna-se necessário adotar a análise de agrupamento (PAULA, 2007). Os métodos que, por algum critério de classificação, façam agrupamentos homogêneos são importantes na avaliação e caracterização de diversos genótipos (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Os métodos estatísticos multivariados, como a análise de agrupamento e a análise de componentes

principais, são utilizados para selecionar, com precisão os indicadores de similaridade entre grupos (ROCHA; RODELLA; MARTINS, 2007).

As 25 árvores matrizes de *H. heptaphyllus* foram separadas em sete grupos, distribuídos dentro de dois conjuntos maiores (I e II) a partir do agrupamento pelo método de Ward (Figura 4). O conjunto I é formado pelos grupos 1 a 5, e o conjunto II reúne os grupos 6 e 7. Comparativamente ao conjunto I, o conjunto II agrupa as matrizes de melhor qualidade fisiológica, com maiores médias para germinação, índice de velocidade de germinação, valor pico, valor germinativo, plântulas normais, teste de submersão e envelhecimento acelerado, embora essas matrizes diferenciam-se por duas características de desempenho de plântulas: o comprimento e a ocorrência de plântulas anormais. Assim, o grupo 6 (matrizes 24, 15, 21, 20, 19 e 4) apresenta maior porcentagem de plântulas anormais e baixos valores de comprimento de plântulas, ao contrário do grupo 7 (matrizes 5, 12, 3, 11 e 1). No conjunto I, onde foram agrupadas as matrizes com sementes de qualidade inferior, o grupo 1 reuniu as árvores matrizes 18, 22, 23 e 13, no grupo 2 está apenas a matriz 8; as árvores matrizes 10, 9 e 6 formam o grupo 3, as matrizes 25 e 16 o grupo 4 e grupo 5 é formado pelas matrizes 14, 7, 17 e 2. A obtenção de uma medida de divergência genética antes que os cruzamentos sejam efetuados permite ao melhorista concentrar esforços naquelas combinações que apresentam maior chance de sucesso. Os genótipos mais indicados para se iniciar um programa de melhoramento são os mais dissimilares, contudo, sua recomendação só deverá ser feita após uma análise criteriosa de seus desempenhos em relação aos caracteres de interesse (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Para isso, busca-se populações base para a seleção de genótipos que possuam grande variabilidade genética, além de alta média para o caráter a ser selecionado (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Considerando-se a porcentagem e velocidade de germinação, valor germinativo, e os resultados dos testes de vigor, as árvores matrizes 3 e 5 originaram sementes de melhor qualidade fisiológica em relação às demais. As árvores matrizes 5 e 18 localizaram-se em conjuntos diferentes, além de terem apresentado a maior distância genética, apresentando, assim, grande divergência entre si.

Tabela 9. Distância Euclidiana média entre 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* a partir de 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes.

Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	5,89	1,89	2,35	1,97	4,13	5,16	7,82	4,32	5,89	1,47	1,33	6,49	4,83	3,39	5,58	5,81	8,65	1,64	3,22	2,59	7,97	7,59	3,23	3,35
2		6,25	5,76	6,84	3,11	1,54	3,58	3,88	3,19	5,06	5,87	1,60	2,59	4,76	3,17	1,85	3,11	5,76	5,66	5,18	2,52	2,17	5,16	3,81
3			2,16	1,79	4,03	5,34	7,55	3,70	5,48	1,66	1,14	6,88	4,85	2,92	6,24	6,14	8,95	1,57	3,04	2,27	8,33	7,88	2,58	3,99
4				2,88	3,87	5,04	7,27	3,66	5,08	1,89	2,12	6,25	4,71	2,79	5,73	6,09	8,52	0,97	1,94	1,50	7,57	7,19	2,97	3,59
5					5,07	6,12	8,39	4,92	6,58	2,28	2,03	7,37	5,79	4,26	7,01	6,69	9,59	2,25	4,25	3,43	8,91	8,43	4,07	4,49
6						1,88	4,00	1,49	2,15	3,14	3,81	3,85	1,61	2,16	3,36	3,09	5,24	3,69	3,34	2,99	5,22	4,58	2,88	3,12
7							3,17	2,69	2,26	4,21	5,03	2,15	1,22	3,55	2,56	1,54	3,79	4,91	4,66	4,20	3,65	2,96	4,06	3,01
8								4,30	2,79	6,65	7,51	3,36	3,31	5,57	4,84	3,31	3,26	7,23	6,65	6,42	4,09	3,19	6,06	5,74
9									1,87	3,27	3,59	4,45	2,24	1,55	4,03	3,88	6,09	3,58	3,24	2,59	5,93	5,16	2,46	3,43
10										4,79	5,33	3,53	2,13	3,14	3,76	3,41	4,75	5,15	4,46	4,10	4,78	3,90	3,93	4,21
11											1,60	5,61	3,80	2,56	5,08	4,98	7,79	1,20	2,57	1,86	7,08	6,70	2,41	2,70
12												6,53	4,63	2,67	5,62	5,83	8,64	1,54	2,97	2,03	8,06	7,57	2,58	3,58
13													2,85	5,24	3,13	1,94	3,14	6,25	6,03	5,60	2,36	1,48	5,66	3,86
14														2,91	2,67	2,01	4,58	4,50	4,05	3,68	4,48	3,81	3,23	2,76
15															4,10	4,69	7,15	2,60	2,06	1,43	6,82	6,15	1,64	3,03
16																2,95	4,76	5,56	4,94	4,69	4,71	3,98	4,73	3,08
17																	3,40	5,83	5,79	5,28	3,57	2,86	4,94	3,55
18																		8,50	8,06	7,84	2,65	2,37	7,62	6,47
19																			2,07	1,46	7,72	7,26	2,72	3,26
20																				1,37	7,36	6,95	2,37	3,45
21																					7,13	6,59	1,90	2,84
22																						1,86	7,08	5,60
23																							6,71	5,10
24																								3,23

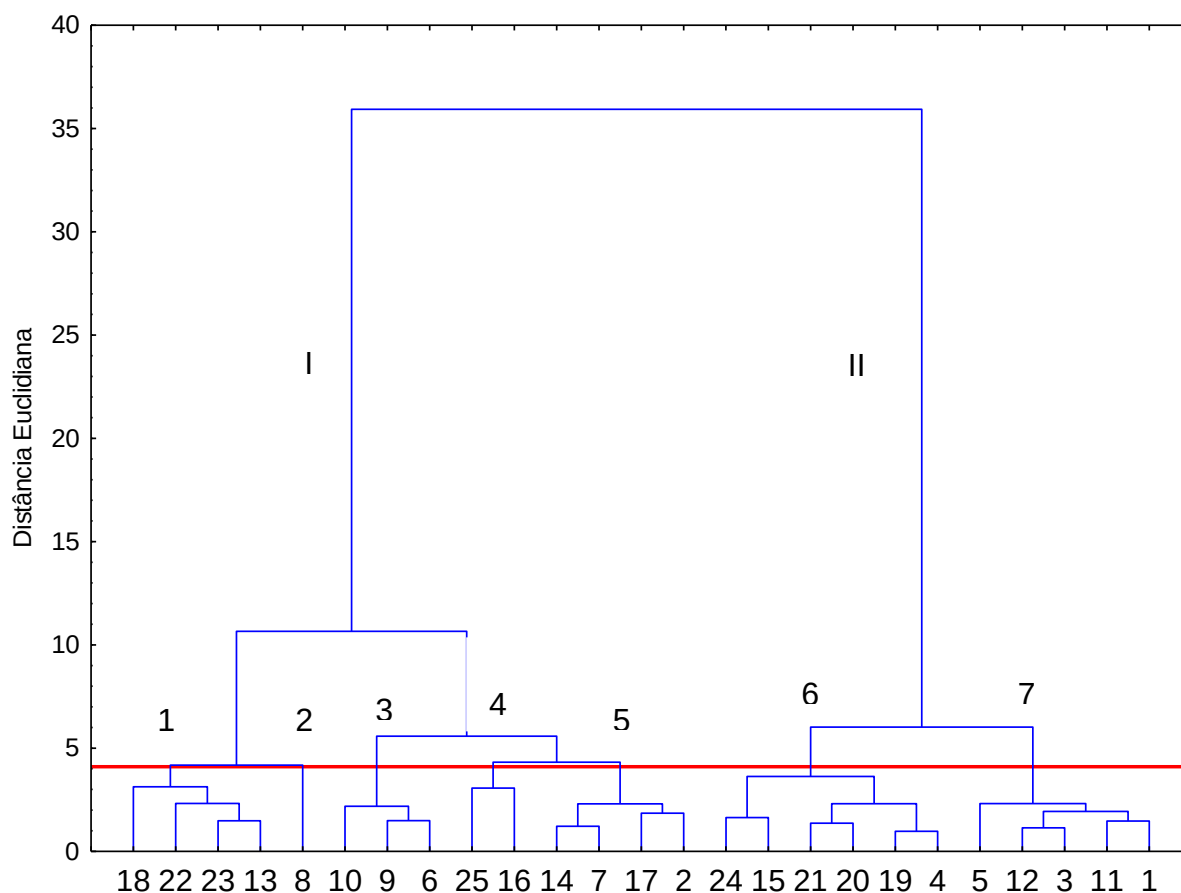


Figura 4. Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, obtido pelo método Ward a partir de 11 caracteres avaliados nos testes de germinação, envelhecimento acelerado, submersão e condutividade elétrica de sementes. A linha em vermelho representa o “ponto de corte” (definido como a média das distâncias entre pares de árvores matrizes) dos grupos (identificados com números de 1 a 7 acima da linha vermelha), pertencentes a dois conjuntos (I e II).

Como resultado da análise dos Componentes Principais, com base nos 11 caracteres da qualidade fisiológica, os dois primeiros componentes principais explicaram 85,32% da variação total (Tabela 10; Figura 5 e 6). Ao se adotar o critério citado por Cruz, Regazzi e Carneiro (2004) para a identificação dos caracteres de menor importância, percebe-se que 14,7% da variabilidade contida nos dados está concentrada entre o terceiro e o último componente principal, situação em que oito, ou seja, 73% dos caracteres avaliados são considerados passíveis de descarte. De acordo com estas considerações, verifica-se que VG (CP11 = - 0,752), IVG (CP10 =

-0,780), G (CP9 = -0,677), GEA (CP7 = 0,780), GTS (CP6 = 0,666), PN (CP5 = 0,544), CE (CP4 = -0,634) e PA (CP3 = 0,597) são passíveis de serem eliminados, pois apresentam os maiores coeficientes de ponderação nos componentes com autovalores inferiores a 0,70. Portanto, o valor pico, índice de sincronização e comprimento de plântulas são os que mais contribuíram para a divergência e representam apenas 27% dos caracteres considerados neste trabalho.

Tabela 10. Autovalores (variância-v) associados aos Componentes Principais (CP) e respectivos autovetores para os 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes avaliados em 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

CP	A	AV	Autovetor associado										
			G	IVG	VP	VG	IS	PN	PA	GTS	GEA	CE48	CP
CP1	8,313	75,575	0,342	0,333	0,328	0,340	0,284	0,312	0,276	0,308	0,322	-0,292	0,108
CP2	1,072	85,325	0,049	-0,001	-0,020	0,028	0,365	-0,080	0,344	-0,133	-0,091	0,109	-0,837
CP3	0,589	90,679	0,019	-0,075	-0,107	-0,030	0,338	-0,409	<u>0,597</u>	-0,306	-0,080	0,009	0,493
CP4	0,468	94,932	-0,110	-0,369	-0,416	-0,268	0,338	0,162	-0,109	0,068	0,214	<u>-0,634</u>	-0,035
CP5	0,204	96,783	0,137	-0,025	-0,112	-0,013	0,335	<u>0,544</u>	-0,206	-0,524	0,204	0,427	0,137
CP6	0,164	98,275	-0,005	-0,196	-0,235	-0,137	0,202	-0,071	0,078	<u>0,666</u>	0,268	0,562	0,066
CP7	0,135	99,503	0,045	-0,085	-0,044	-0,039	-0,469	-0,151	0,230	-0,252	<u>0,780</u>	0,003	-0,138
CP8	0,032	99,793	0,551	-0,156	-0,367	-0,094	-0,400	0,358	0,358	0,069	-0,329	-0,012	-0,001
CP9	0,016	99,938	<u>-0,677</u>	0,220	0,031	-0,231	-0,135	0,470	0,439	0,054	-0,044	0,029	0,029
CP10	0,006	99,997	-0,157	<u>-0,780</u>	0,390	0,403	-0,050	0,171	0,123	0,007	-0,062	0,030	0,018
CP11	0,000	100,000	0,246	-0,141	0,592	<u>-0,752</u>	0,054	0,011	0,016	0,001	-0,003	-0,004	0,005

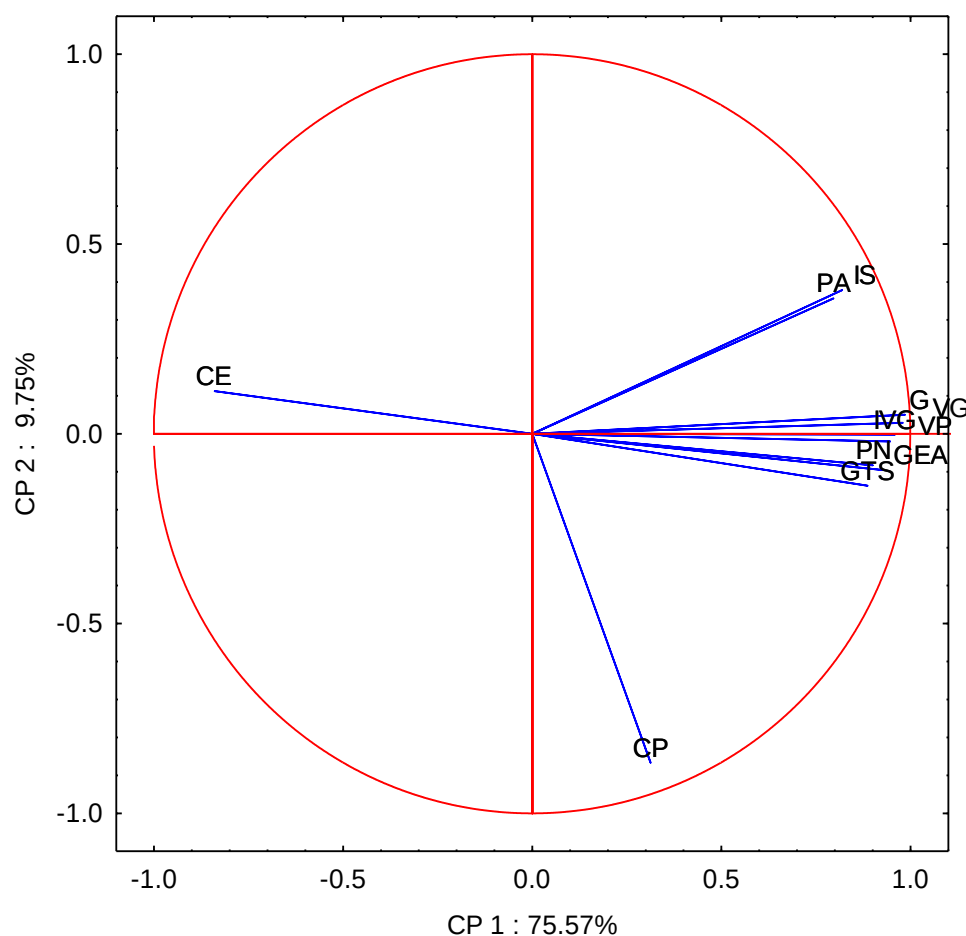
CP– Componente principal; A– Autovalor; AV– Variância Acumulada (AV,em%); G – germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; VP – Valor pico; VG – Valor germinativo; E – Entropia da germinação; PN – plântulas normais; PA – plântulas anormais; GTS – Teste de submersão ; GEA – envelhecimento acelerado; CE – condutividade elétrica; CP – comprimento de plântulas.

A importância ou a contribuição relativa de cada caráter no estudo da divergência genética, avaliada a partir dos coeficientes associados aos autovetores, na técnica dos Componentes Principais, tem como princípio o fato de que a importância ou variância dos componentes principais decresce do primeiro para o último componente estimado (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004). Assim, segundo esses autores, os últimos componentes são responsáveis pela explicação de uma mínima parte da variância total. Desta forma, é comum descartar o caráter de maior coeficiente de ponderação (elementos de autovetor) a partir do último componente, até aquele cujo autovalor não exceda 0,70.

Os dois primeiros componentes explicaram 85,32% da variabilidade total contida nos dados satisfazendo, portanto, as exigências de Cruz (1990) e Cruz,

Regazzi e Carneiro (2004), quanto à porcentagem mínima de variação retida nos componentes para estudos de divergência genética. Para os autores citados anteriormente, caracteres dispensáveis nos estudos de divergência genética são aqueles invariantes ou redundantes por serem correlacionadas a outros. As estimativas dos coeficientes de correlação evidenciam estas afirmativas. Desta forma, o valor pico apresentou altas correlações ($r > 0,70$) com todos os caracteres passíveis de descarte; altas estimativas de correlação também foram obtidas entre o índice de sincronização e plântula anormal. Verifica-se, assim, que os pares envolvem sempre um caráter importante para a divergência de acordo com a técnica dos Componentes Principais. O valor pico representa todos os caracteres que foram descartados pela redundância. O comprimento de plântulas apresentou correlações baixas com todos os caracteres, e por isto não foi descartado, permanecendo para a explicação da divergência. O índice de sincronização, ao contrário dos demais caracteres que foram descartados, apresenta uma correlação moderada com o valor pico. Vale ressaltar que 73% dos caracteres poderiam ser excluídos por não auxiliarem na discriminação da variabilidade genética. O interesse maior em utilizar-se da técnica de componentes principais reside na possibilidade de se descartarem caracteres que contribuam pouco para a discriminação do material avaliado, desse modo, mão de obra, tempo e custos são reduzidos (CRUZ; REGAZZI, 1997), facilitando a definição de estratégias para estudos similares com a mesma espécie.

O primeiro componente foi associado positivamente com sete dos onze caracteres da qualidade fisiológica e negativamente com a condutividade elétrica (Figura 5), evidenciando as matrizes com a melhor qualidade fisiológica no quadrante IV (Figura 6). O segundo componente principal foi relacionado positivamente com o índice de sincronização e plântulas anormais, e de maneira negativa com o comprimento de plântulas (Figura 5), sendo útil para identificar as matrizes que apresentaram baixo desempenho germinativo, de forma desordenada no tempo, com plântulas anormais e de menor comprimento que estão localizadas na área esquerda e inferior do gráfico (quadrante III), Figura 6.



G – germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; VP – Valor pico; VG – Valor germinativo; E – Entropia da germinação; PN – plântulas normais; PA – plântulas anormais; GTS – Teste de submersão; GEA – envelhecimento acelerado; CE – condutividade elétrica; CP – comprimento de plântulas.

Figura 5. Correlação dos 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes que discriminam a posição das árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, referente aos dois componentes principais (CP1 x CP2).

Na Figura 6, evidenciam-se as semelhanças e diferenças entre as árvores matrizes com base nos 11 caracteres avaliados e observa-se boa concordância desta dispersão com os grupos identificados pelo método de Ward. Todas as árvores matrizes dos grupos 2, 3, 4 e 5, além do baixo desempenho germinativo, apresentam particularidades distintas. Por exemplo, os grupos 2 (matriz 8) e 3 (matrizes 10, 9 e 6) apresentaram baixos comprimento de plântulas, particularmente a árvore matriz 8. O grupo 4 (matrizes 25 e 16) apresenta bom crescimento de plântulas, mas alta porcentagem de plântulas anormais e baixa de plântulas

normais. As matrizes do grupo 5 (matrizes 14, 7, 17 e 2) apresentam bom comprimento de plântulas. As quatro árvores matrizes do grupo 1, são as mais contrastantes com o grupo 7 do conjunto II, e podem ser classificadas como de qualidade fisiológica inferior, já que apresentaram altos valores de condutividade elétrica e baixo desempenho germinativo para todas as características avaliadas. Oliveira (2010) estudando a variabilidade genética de caracteres morfológicos e germinação de *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur. pela técnica de Componentes Principais observou que quanto mais periférica é a posição da árvore matriz, maior é a sua qualidade específica, e que são os valores extremos que identificam a variabilidade que necessita de uma maior investigação.

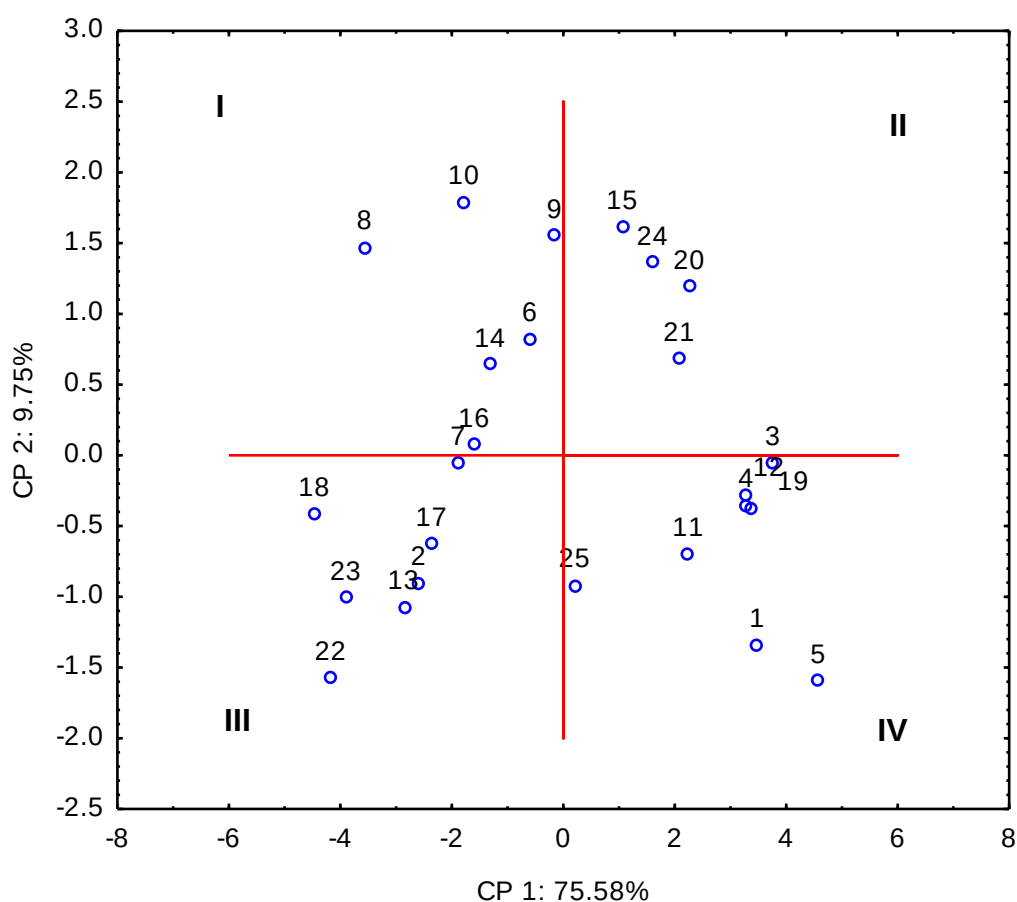


Figura 6. Dispersão gráfica das 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* em relação ao primeiro e ao segundo componente principal, estabelecidos pela combinação linear de 11 caracteres de qualidade fisiológica de sementes.

4.7. Divergência por Caracteres Biométricos de Frutos e Sementes e da Qualidade Fisiológica de Sementes

Para a análise de agrupamento das matrizes por caracteres biométricos de frutos e sementes e caracteres da qualidade fisiológica das sementes, a estimativa de medidas da distância entre pares de genótipos para o conjunto das 19 características avaliadas foi obtida pela distância Euclidiana (Tabela 11).

A partir da Distância Euclidiana, percebe-se que as matrizes mais similares (menor distância) são a 2 e a 13 (2,01) e as mais divergentes (maior distância) são a 5 e a 18 (11,05). A média das distâncias entre as árvores matrizes foi 5,86, valor este usado como ponto de corte no dendrograma para a delimitação dos grupos (Figura 7).

As 25 árvores matrizes foram separadas em nove grupos, a partir dos 19 caracteres avaliados (Figura 7). Inicialmente, observa-se a formação de dois conjuntos maiores, o conjunto I que agrupou 14 matrizes (17, 16, 18, 8, 10, 9, 25, 14, 7, 6, 22, 23, 13 e 2) de menor qualidade fisiológica em comparação as matrizes restantes que constituem o conjunto II (15, 20, 19, 12, 5, 4, 24, 21, 3, 11 e 1). Os métodos hierárquicos de agrupamento, a exemplo do método de Ward, são caracterizados pelo estabelecimento de uma hierarquia ou estrutura em forma de árvore, interligando dados através de suas associações, produzindo uma representação gráfica chamada de dendrograma. Os dados semelhantes são agrupados entre si (SEIDEL et al., 2008; CRUZ; CARNEIRO, 2003), e apresentam como principal vantagem sua fácil interpretação e simplicidade para as análises dos dados (MARDIA et al., 1997). Assim, observa-se que o grupo 1 é formado por duas matrizes (16 e 17) que destacam-se por terem maior comprimento de frutos e de sementes e sementes de maior peso, em comparação às demais árvores matrizes. As matrizes deste grupo também apresentam baixos valores de germinação, índice de velocidade de germinação, valor pico e valor germinativo no teste de germinação, e, baixa germinação no teste de submersão, além de terem sementes de grande espessura.

Tabela 11. Distância Euclidiana média entre 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* a partir de 19 caracteres biométricos de frutos e de sementes e de qualidade fisiológica de sementes.

Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	6,41	2,77	3,89	4,74	4,42	5,58	8,10	5,61	7,18	2,75	3,79	7,22	5,04	5,39	7,29	7,18	8,91	5,20	4,60	2,94	9,87	7,81	3,58	4,99
2		6,34	6,56	7,16	3,88	2,72	5,23	4,21	3,90	5,58	6,65	2,01	4,25	6,77	6,90	6,42	4,72	6,42	6,03	6,03	4,31	2,94	5,50	5,97
3			3,05	3,19	4,50	5,86	8,40	4,50	6,11	3,05	3,42	7,15	5,72	5,63	8,61	8,44	9,59	3,80	4,01	3,68	9,43	8,10	3,21	5,58
4				4,76	5,12	6,52	8,79	5,73	6,54	4,68	5,01	7,21	6,28	6,71	9,02	8,89	9,77	5,08	4,89	4,53	9,66	7,85	4,68	4,98
5					6,66	7,37	10,19	5,39	7,16	4,61	4,72	7,62	7,78	7,74	10,68	10,50	11,05	3,73	5,41	6,05	9,40	9,14	5,62	7,30
6						2,31	4,59	3,82	4,03	3,78	4,72	5,02	2,37	3,85	5,27	5,02	5,56	5,49	4,17	3,36	7,47	5,10	3,08	4,59
7							4,00	4,03	3,89	4,44	5,73	3,56	2,62	4,79	4,94	4,65	4,32	6,10	4,99	4,53	5,94	3,63	4,13	5,08
8								6,31	5,93	7,24	8,66	5,49	3,68	6,69	5,98	4,36	3,57	9,32	7,78	6,55	7,64	4,45	6,51	7,40
9									2,83	4,53	4,92	4,76	4,83	5,64	8,06	8,08	7,40	4,56	4,01	4,73	6,72	5,96	3,72	6,54
10										6,05	5,93	4,52	5,15	5,90	7,82	7,92	6,52	5,43	4,93	6,05	6,05	5,34	4,98	6,35
11											4,08	6,20	4,74	4,80	6,80	6,98	8,36	3,97	3,37	2,74	8,40	6,90	2,80	5,73
12												7,72	5,72	4,01	7,80	8,10	9,17	3,71	3,68	4,02	9,77	8,63	3,81	5,07
13													5,06	7,80	7,54	7,10	5,35	7,03	6,64	6,73	3,76	2,48	6,23	6,62
14														4,28	4,56	3,79	4,75	7,01	5,36	3,80	7,87	4,88	3,85	4,70
15															5,03	5,95	7,65	5,81	4,11	3,50	9,80	7,98	3,93	5,47
16																3,60	5,93	8,97	7,23	5,87	9,64	6,79	6,51	6,54
17																	4,60	9,65	8,23	6,24	9,47	6,09	6,67	6,18
18																		10,00	8,74	7,96	6,89	4,14	7,89	7,55
19																			2,95	5,22	8,29	8,39	4,61	6,65
20																				3,37	8,35	7,56	3,09	5,88
21																					9,30	7,03	2,45	5,04
22																						4,99	8,56	9,36
23																							6,91	6,89
24																								5,07

O grupo 2 foi formado pelas matrizes 8 e 18, também com grande espessura de sementes, apresentando valores baixos de velocidade de germinação, valor pico, valor germinativo, plântulas normais, germinação após o envelhecimento e a submersão, além de valores elevados de condutividade elétrica, portanto, o vigor destas matrizes é muito baixo. O grupo 3 é representado pelas matrizes 10 e 9, que evidenciam baixo comprimento de plântulas e sementes de menor largura, em comparação à maioria das matrizes. Suas sementes também são leves e pouco resistentes à submersão em água, já que apresentaram baixa porcentagem de germinação no teste de submersão. A matriz 25 participa, de forma isolada do grupo 4 e apresenta particularmente valor elevado de comprimento de fruto. O grupo 5 foi formado pelas árvores matrizes 14, 7 e 6, de sementes pouco vigorosas, de baixa germinação no teste de submersão e de altos valores de condutividade elétrica. As sementes das matrizes 22, 23, 2 e 13 que formam o grupo 6, podem ser consideradas como as de qualidade fisiológica inferior, pelos baixos valores de porcentagem e velocidade de germinação, valor germinativo, plântulas normais, germinação após o envelhecimento a submersão, além de altos valores de condutividade elétrica. Ao contrário, todas as matrizes do conjunto II (11 das 25 matrizes), apresentam elevados valores de porcentagem e velocidade de germinação, valor germinativo, comprimento de plântulas e germinação no teste de envelhecimento, embora algumas características marcantes possibilitam diferenciar os grupos 7, 8 e 9. Assim, altos índices de velocidade de germinação, valor pico e valor germinativo caracterizam as matrizes 4 e 5, do grupo 8. Por outra lado, as matrizes do grupo 9 (matrizes 1, 3, 11, 21 e 24) apresentaram melhores valores de germinação no teste de submersão e formaram maior quantidade de plântulas normais durante o teste de germinação, em comparação ao grupo 7 (matrizes 12, 15, 19 e 20).

Quanto à importância de todos os caracteres avaliados, considerados em conjunto, para a divergência genética das árvores matrizes pela técnica dos Componentes Principais, pode-se observar que os dois primeiros Componentes Principais (CP1 e CP2) explicaram 72,3 % da variabilidade total retida pelos dados (Tabela 12; Figuras 8 e 9) e, considerando-se os 14 autovalores inferiores a 0,70, identificam-se os seguintes caracteres passíveis de descarte: porcentagem de

germinação (CP16 = 0,561), índice de velocidade de germinação (CP17 = 0,715), índice de sincronização (CP10 = 0,626), porcentagem de plântulas normais (CP15 = -0,580), porcentagem de plântulas anormais (CP6 = -0,534), germinação no teste de submersão (CP8 = 0,578), germinação no teste de envelhecimento acelerado (CP12 = -0,608), condutividade elétrica (CP9 = -0,633), largura de sementes (CP13 = 0,482), peso de 1000 sementes (CP18 = 0,695), número de sementes por kg (CP14 = 0,485) e diâmetro de frutos (CP11 = -0,573). Estes caracteres representam 70% dos caracteres avaliados.

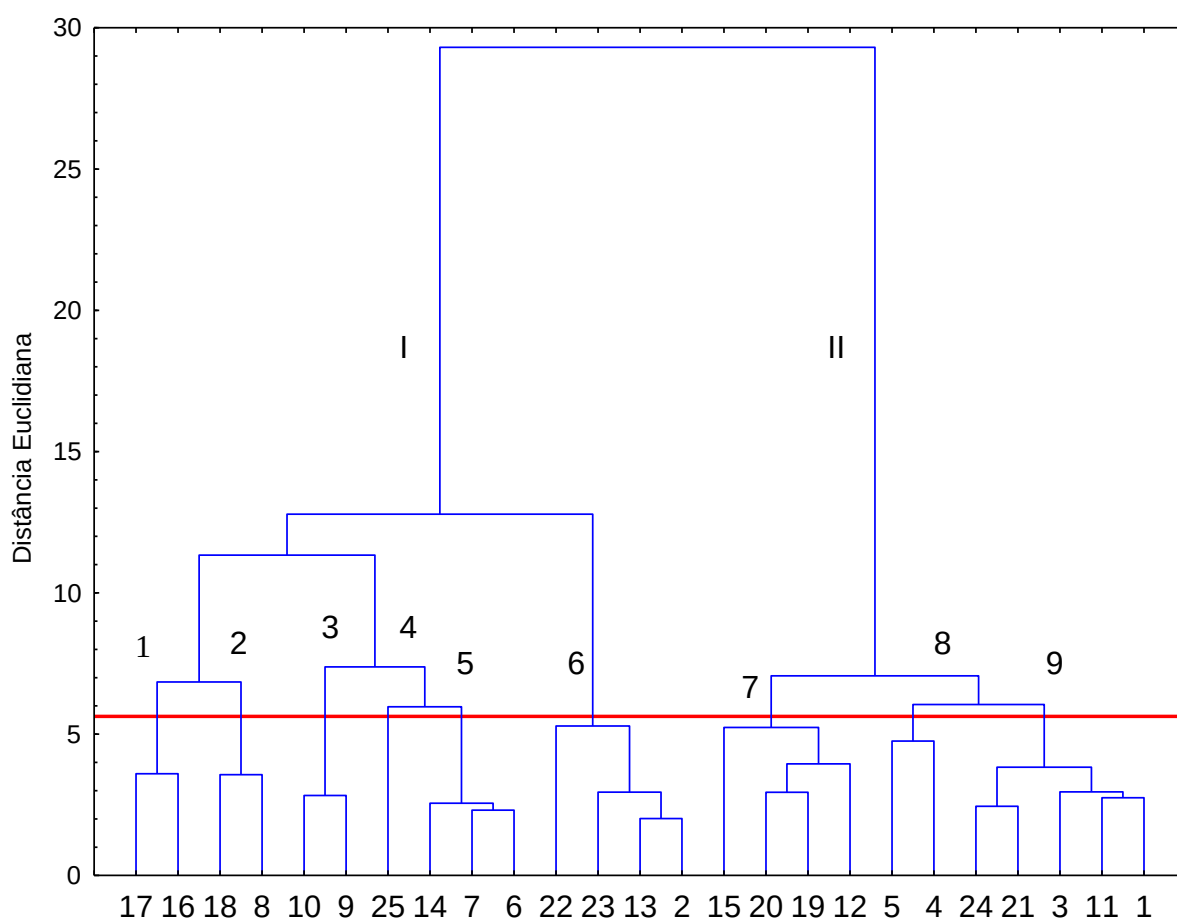


Figura 7. Dendrograma baseado na Distância Euclidiana entre 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, obtido pelo método Ward a partir de 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e de caracteres da qualidade fisiológica de sementes. A linha em vermelho representa o “ponto de corte” (definido como a média das distâncias entre pares de árvores matrizes) dos grupos (identificados com números de 1 a 9 acima da linha vermelha), pertencentes a dois conjuntos (I e II).

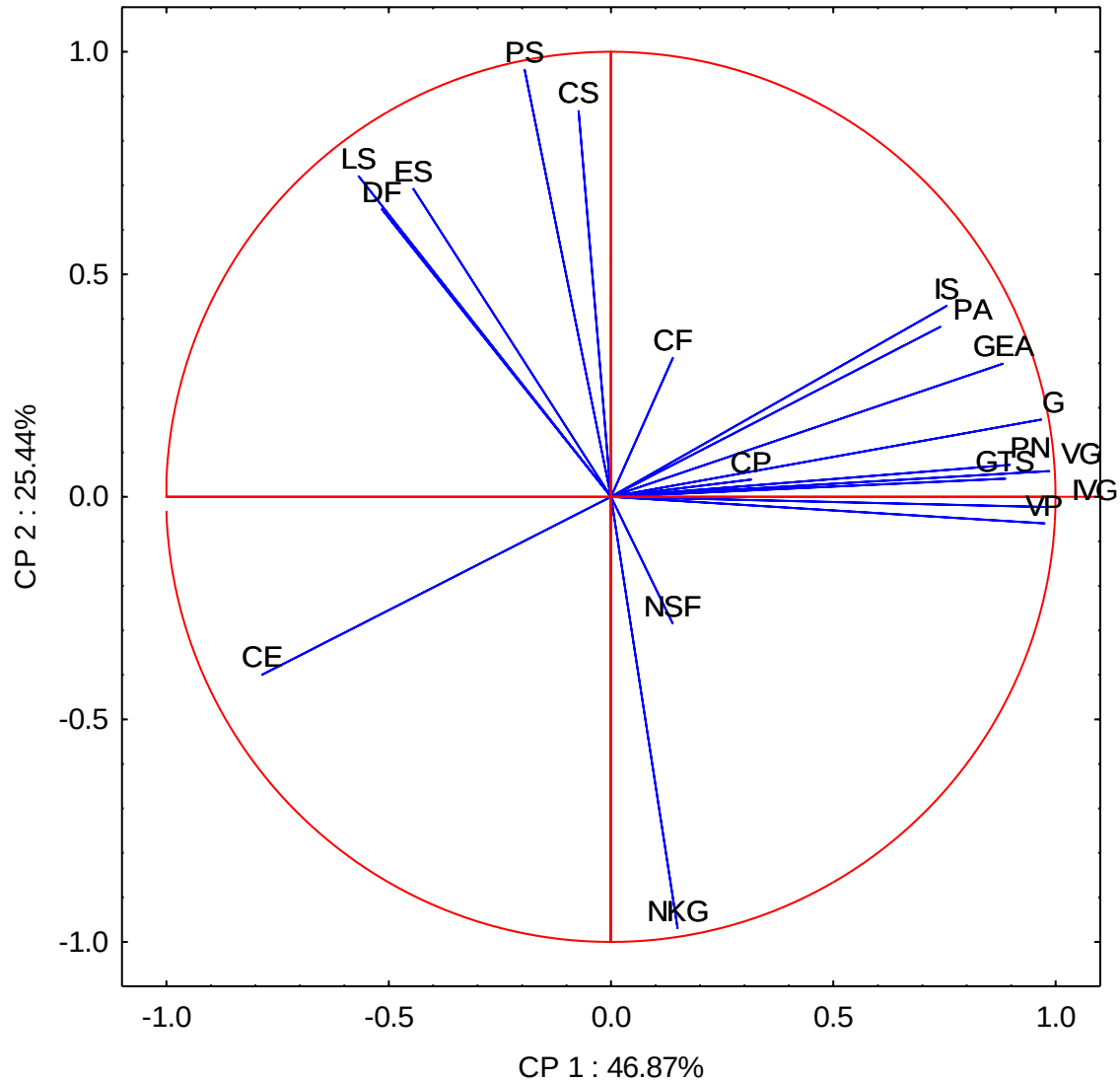
Tabela 12. Autovalores (variância-v) associados aos Componentes Principais (CP) e respectivos autovetores para os 19 caracteres biométricos (frutos e sementes) e de qualidade fisiológica de sementes avaliada em 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*.

CP	A	AV	AUTOVETOR ASSOCIADO																		
			G	IVG	VP	VG	IS	PN	PA	GTS	GEA	CE	CP	CF	DF	NSF	CS	LS	ES	PS	NKG
CP1	8,905	46,866	0,324	0,329	0,327	0,330	0,253	0,300	0,248	0,297	0,295	-0,263	0,105	0,047	-0,173	0,046	-0,024	-0,190	-0,149	-0,065	0,050
CP2	4,833	72,305	0,079	-0,010	-0,027	0,026	0,195	0,033	0,174	0,019	0,136	-0,182	0,018	0,142	0,294	-0,129	0,396	0,328	0,315	0,436	-0,441
CP3	1,616	80,811	0,033	0,006	-0,019	0,013	0,276	-0,043	0,242	-0,146	-0,060	0,108	-0,348	-0,482	-0,123	-0,648	0,104	-0,148	-0,002	-0,027	0,047
CP4	0,995	86,048	0,031	0,018	0,018	0,028	0,118	0,074	0,029	0,048	-0,052	0,028	-0,817	0,342	0,122	0,259	0,031	-0,100	0,243	-0,154	0,106
CP5	0,959	91,098	0,065	0,007	0,008	0,025	-0,038	0,167	-0,061	0,158	0,162	-0,018	-0,037	-0,608	0,422	0,198	-0,424	0,115	0,359	-0,012	0,024
CP6	0,582	94,159	-0,078	-0,135	-0,169	-0,145	-0,061	0,403	<u>-0,534</u>	0,183	0,157	-0,336	-0,002	0,104	-0,234	-0,364	0,032	-0,106	0,295	-0,058	0,065
CP7	0,240	95,421	-0,124	-0,153	-0,167	-0,124	0,268	-0,336	0,264	0,312	-0,286	-0,478	0,138	0,170	0,238	-0,135	-0,285	-0,167	0,037	-0,077	0,132
CP8	0,231	96,635	-0,122	-0,013	0,070	-0,006	-0,214	-0,242	-0,027	<u>0,578</u>	0,146	-0,016	-0,305	-0,063	-0,207	-0,125	-0,086	0,509	-0,300	0,073	-0,047
CP9	0,181	97,589	-0,111	-0,004	0,099	0,031	-0,148	0,062	-0,165	-0,306	-0,083	<u>-0,633</u>	-0,240	-0,253	0,178	0,147	0,151	-0,061	-0,453	0,099	-0,078
CP10	0,165	98,458	0,054	0,235	0,240	0,117	<u>-0,626</u>	-0,266	0,151	-0,158	0,037	-0,155	-0,066	0,133	-0,069	-0,242	-0,246	-0,219	0,327	0,115	-0,143
CP11	0,109	99,030	-0,022	0,093	0,074	0,049	0,120	-0,010	0,034	-0,010	-0,513	-0,197	0,018	-0,227	<u>-0,573</u>	0,301	0,037	0,205	0,352	0,159	0,032
CP12	0,079	99,444	0,119	0,277	0,261	0,202	0,010	0,158	-0,353	0,161	<u>-0,608</u>	0,167	0,039	0,105	0,339	-0,280	-0,034	0,097	-0,096	0,004	-0,043
CP13	0,043	99,668	-0,213	0,152	0,226	0,083	0,317	-0,086	-0,116	-0,460	0,221	-0,119	0,025	0,200	-0,003	-0,153	-0,317	<u>0,482</u>	0,056	-0,098	0,260
CP14	0,030	99,828	0,326	-0,072	-0,072	0,010	-0,344	0,065	0,241	-0,030	-0,077	-0,155	0,091	-0,023	0,141	-0,081	0,380	0,346	0,103	-0,355	<u>0,485</u>
CP15	0,015	99,906	0,514	-0,210	0,051	0,232	0,171	<u>-0,580</u>	-0,465	-0,007	0,126	-0,045	-0,007	-0,073	-0,025	0,051	0,105	-0,091	0,073	0,012	0,051
CP16	0,011	99,963	<u>0,561</u>	-0,225	-0,315	-0,043	-0,032	0,244	0,109	-0,201	-0,129	-0,041	-0,107	0,145	-0,134	-0,066	-0,467	0,190	-0,207	0,127	-0,189
CP17	0,005	99,991	0,175	<u>0,715</u>	-0,371	-0,400	0,067	-0,180	-0,116	-0,016	0,050	-0,076	-0,015	-0,051	-0,008	0,042	0,045	0,050	-0,020	-0,243	-0,182
CP18	0,001	99,999	0,029	0,255	-0,264	0,006	-0,035	0,003	-0,037	0,031	0,054	0,062	-0,043	0,034	0,063	0,002	-0,007	-0,096	-0,068	<u>0,695</u>	0,592
CP19	0,000	100,000	-0,234	0,101	-0,570	<u>0,756</u>	-0,051	-0,017	-0,004	-0,016	-0,001	-0,020	0,004	-0,005	-0,015	-0,006	0,001	0,036	0,013	-0,152	-0,105

CP– Componente principal; A– Autovalor; AV– Variância Acumulada (AV,em%); G – germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; VP – Valor pico; VG – Valor germinativo; IS –Índice de sincronização; PN – plântulas normais; PA – plântulas anormais; GTS – Teste de submersão ; GEA – envelhecimento acelerado; CE – condutividade elétrica; CP – comprimento de plântulas; CF- comprimento de frutos; DF- diâmetro de fruto; NSF- numero de sementes por fruto; CS- comprimento de sementes; LS- largura de sementes, ES- espessura de sementes; OS- peso de 1000 sementes; NKG- numero de sementes por kg.

Portanto, dos 19 caracteres avaliados, seis: valor pico, comprimento de plântulas, comprimento de fruto, número de sementes por fruto, comprimento e espessura de sementes, foram mais importantes e explicam a maior parte da diversidade entre as árvores matrizes. Destes caracteres, o comprimento de frutos, o número de sementes por fruto e o comprimento de plântulas, não se encontram correlacionados com nenhum dos demais caracteres estudados, por isso, permanecem para explicar a divergência entre os materiais avaliados. Por outro lado, o valor pico encontra-se correlacionado com todos os caracteres da qualidade fisiológica, exceto o comprimento de plântulas, portanto representa todos aqueles que foram descartados por sua redundância. O diâmetro de frutos e a largura das sementes foram descartados por serem altamente correlacionados com a espessura de sementes, que foi considerada suficientemente variável para explicar a diversidade entre as matrizes. O peso de 1000 sementes e o número de sementes por kg foram descartados pela alta correlação com o comprimento das sementes, variável que foi selecionada. O comprimento e a espessura de sementes permanecem já que ambos não são correlacionados entre si, o mesmo acontece com os demais caracteres considerados importantes para a divergência.

A correlação dos 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e de caracteres da qualidade fisiológica de sementes que discriminam a dispersão das 25 árvores matrizes, em relação aos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2) pode ser observada na Figura 8. Nota-se que o primeiro componente principal é associado com nove caracteres da qualidade fisiológica, e o segundo com caracteres biométricos de sementes. O fato do primeiro componente principal (CP1) se associar positivamente com a porcentagem e velocidade de germinação, índice de sincronização, plântulas normais e anormais, valor pico, germinação no envelhecimento e a submersão, e negativamente com a condutividade elétrica, permite identificar as matrizes com sementes de maior qualidade fisiológica (apesar de algumas apresentaram altas porcentagens de plântulas anormais ou germinação desordenada no tempo), distribuídas na área superior direita do gráfico (Quadrante II), e as matrizes de menor qualidade fisiológica na área inferior esquerda (Quadrante III), Figura 9.



G – germinação; IVG – índice de velocidade de germinação; VP – Valor pico; VG – Valor germinativo; IS – Índice de sincronização; PN – plântulas normais; PA – plântulas anormais; GTS – Teste de submersão; GEA – envelhecimento acelerado; CE – condutividade elétrica; CP – comprimento de plântulas; CF – comprimento de frutos; DF – diâmetro de fruto; NSF – número de sementes por fruto; CS – comprimento de sementes; LS – largura de sementes, ES – espessura de sementes; OS – peso de 1000 sementes; NKG – número de sementes por kg.

Figura 8. Correlação dos 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e da qualidade fisiológica de sementes que discriminam a dispersão das 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus*, nos dois primeiros componentes principais (CP1 x CP2).

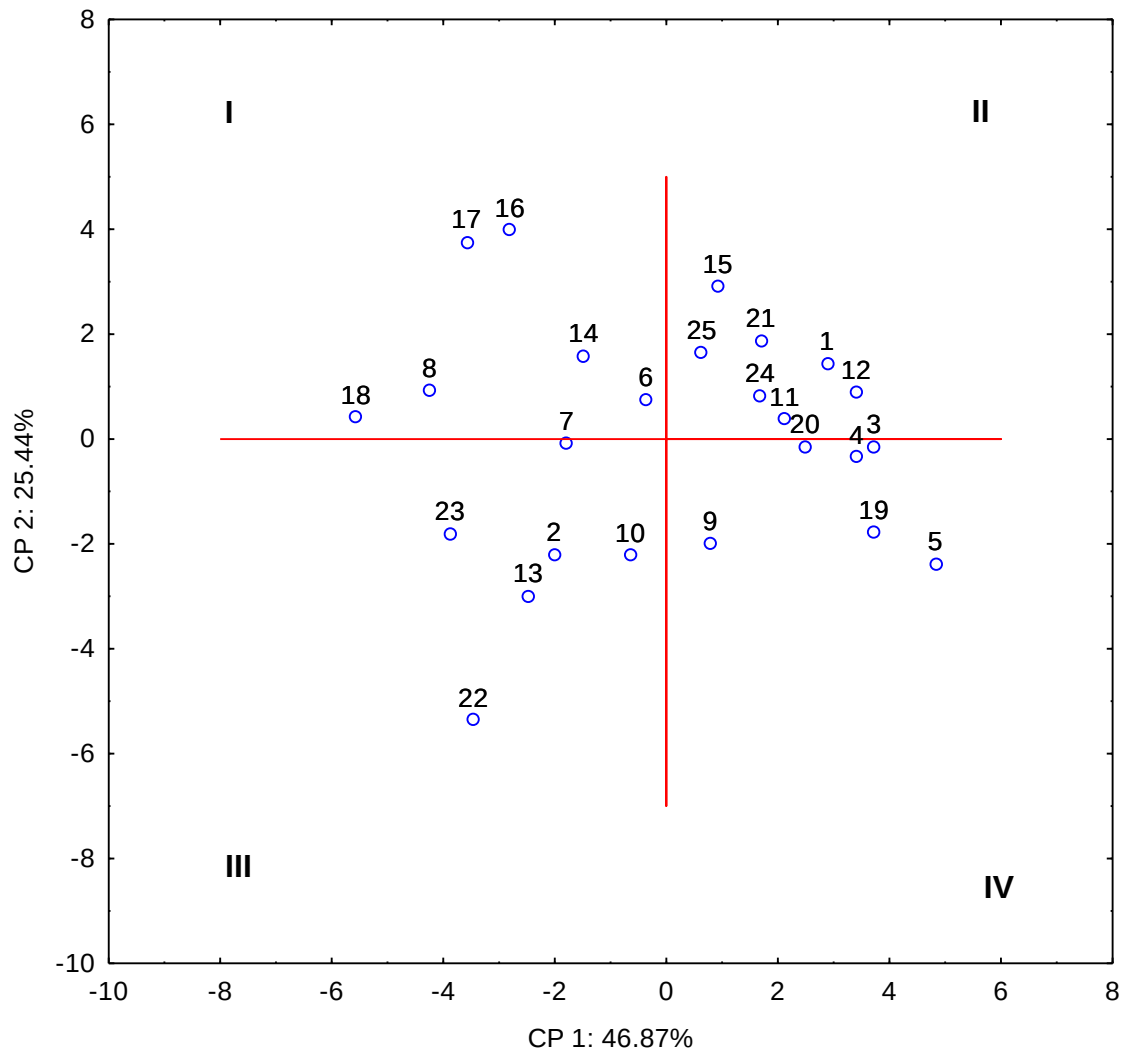


Figura 9. Dispersão gráfica das 25 árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* em relação aos dois primeiros componentes principais, estabelecidos pela combinação linear de 19 caracteres biométricos de frutos e sementes e de qualidade fisiológica de sementes.

Por outro lado, o segundo componente (CP2) foi associado positivamente a caracteres de sementes como a largura, a espessura, o comprimento e o peso de 1000 sementes; e negativamente com o número de sementes por kg, sendo útil para classificar as matrizes de sementes de maior tamanho e, portanto mais pesadas, na área esquerda e superior do gráfico, no quadrante I (Figura 9).

Pelos dados das distâncias euclidianas e a análise de componentes principais infere-se que as árvores matrizes mais divergentes são a 5 e 18, que se encontram visivelmente mais distantes na dispersão gráfica das 25 matrizes referente aos dois primeiros componentes principais. As árvores matrizes que se encontram isoladas são 5, 22 e 18. Estas árvores matrizes periféricas evidenciam propriedades específicas, que as diferencia das demais (a maioria) cujas médias estão mais próximas, segundo variações que apresentaram as 19 características estudadas. Como exemplo, a matriz 22 apresentou frutos e sementes muito pequenas e leves, além de pouco vigorosas. As sementes da matriz 5, apresentaram valores de condutividade elétrica muito inferior às demais árvores matrizes, e pode ser considerada a matriz com a melhor qualidade fisiológica.

O agrupamento das 25 árvores matrizes promovido pelo método de Ward a partir dos caracteres biométricos de frutos e sementes e de caracteres da qualidade fisiológica das sementes foi praticamente o mesmo obtido pela distribuição das matrizes no plano bidimensional dos dois primeiros componentes principais. Uma das diferenças entre eles é que as árvores dos grupos 7, 8 e 9 do agrupamento de Ward, não foram nitidamente separadas, o que se explica pelo fato destas árvores serem muito semelhantes principalmente quanto a qualidade fisiológica das sementes. Embora, muitas árvores matrizes encontram-se próximas no gráfico de dispersão e, portanto, evidenciam que sua posição é concordante com os agrupamentos identificados segundo o método de Ward, como as árvores matrizes 17 e 16 (grupo 1), também foram localizadas próximas as matrizes 18 e 8 (grupo 2), 10 e 9 (grupo 3) e matrizes 23, 2, 13 e 22 (grupo 4). Nota-se ainda que, todas as árvores matrizes localizadas na área esquerda superior e inferior, à exceção das matrizes 25 e 9, estão presentes no conjunto I do agrupamento de Ward, e do lado direito, superior e inferior, as matrizes restantes que correspondem ao conjunto II. Os resultados dos agrupamentos obtidos por ambos os métodos, indicam que existe diversidade genética entre os genótipos estudados a partir dos caracteres biométricos de frutos e sementes e da qualidade fisiológica de sementes. Esta diversidade também foi descrita para *Tabebuia impetigiosa* Martius (CIAMPI et al., 2003). A variabilidade genética dentro de uma

população, ou grupo de genótipos, é fundamental para garantir seu potencial adaptativo frente às adversidades ambientais. Quantificar essa variabilidade dentro das populações é crucial para avaliar como as espécies conseguem enfrentar as mudanças de seu ambiente e se mantêm vivas e aptas para formar progênie férteis, nas sucessivas gerações ao longo dos tempos (RIBEIRO; RODRIGUES, 2006).

Na impossibilidade de realização de estudos de divergência genética para subsidiar programas de melhoramento e, ou conservação genética de espécies arbóreas, recomenda-se que as sementes sejam colhidas de diferentes árvores matrizes e, conforme proposto por Sebbenn (2002), respeitando uma distância mínima de 100 metros de raio entre as árvores, para diminuir a possibilidade de amostrar indivíduos aparentados e aumentar a variabilidade genética no lote de sementes. Para a espécie *Handroanthus heptaphyllus* resulta fundamental a implantação de pomares de sementes para fins de recuperação de áreas degradadas, reflorestamentos ambientais e comerciais (MORI et al., 2015).

5. CONCLUSÕES

Há variabilidade e divergência genética entre as árvores matrizes de *Handroanthus heptaphyllus* a partir das características biométricas de frutos e de sementes e de qualidade fisiológica de sementes.

O comprimento de frutos, número de sementes por fruto e de sementes por quilograma são os mais importantes para a divergência genética entre árvores matrizes de *H. heptaphyllus*, avaliada a partir de caracteres biométricos de frutos e sementes.

O comprimento de plântulas, valor pico e índice de sincronização da germinação são os caracteres mais importantes para a divergência genética entre árvores matrizes de *H. heptaphyllus*, avaliada a partir de caracteres de qualidade fisiológica das sementes.

A divergência genética entre árvores matrizes de *H. heptaphyllus*, avaliada simultaneamente por caracteres biométricos de frutos e sementes e de qualidade fisiológica das sementes, é explicada principalmente pelo comprimento de frutos, número de sementes por fruto, comprimento de plântulas e valor pico da germinação.

Com base no padrão obtido de agrupamento das árvores matrizes, recomenda-se que a coleta de sementes ocorra em diferentes árvores matrizes pertencentes a grupos distintos. Sementes coletadas de árvores matrizes pertencentes a um mesmo grupo constituem um único lote de sementes.

6. REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A.; ALBERNAZ, A.L.; GRELLE, C.E.V.; VALE, M.M.; RANGEL, T.F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v.8, n.2, p.194-196, 2010.
- ALMEIDA, S.P.P.; SANO S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.48-54.
- ALVES, R.M.; GARCIA, A.A.G.F.; CRUZ, E.D.; FILGUEIRA, A. Seleção de descritores botânico-agronômicos para a caracterização de germoplasma de cupuaçuzeiro, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, n.7, p.807-818, 2003.
- ALVES, E.U.; BRUNO, R.L.A.; OLIVEIRA, A.P.; ALVES, A.U.; 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, MG, v.29, n.6, p.877-885, 2005.
- AMARAL, J.B.; MARTINS, L.; FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J. Teste de raios x para avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê-roxo. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.33, n.4, p.601-607, 2011.
- ARAÚJO-NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M.; PAULA, R.C. Caracterização morfológica de frutos, sementes e desenvolvimento pós seminal de Monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.24, n.1, p.203-211, 2002.
- ARAÚJO NETO, J.C.; AGUIAR, I.B.; FERREIRA, V.M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acácia polyphylla* D.C **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.26, n.2, p.249-256, 2003.
- BEN-HUR, E.; FRAGMAN-SAPIR, O.; HADAS, R.; SINGER, A.; KADMONET, R. Functional trade-offs increase species diversity in experimental plant communities. **Ecology Letters**, Oxford, , v.15, p.1276-1282, 2012.
- BRANCALION, P.H.S; RODRIGUES, R.R. Seed size-number trade-off in *Euterpe edulis* in plant communities of the Atlantic Forest. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.71, n.3, p.226-231, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biomass**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass>>. Acesso em: 29 ago. 2016

BROADHURST, L.M.; NORTH, T.; YOUNG, A.G. Should we be more critical of remnant seed sources being used for revegetation?. **Ecological Management & Restoration**, Carlton, v.7, p.211-217, 2006.

CAPELANES, T.M.C.; BIELLA, L.C. Programa de produção e tecnologia de sementes de espécies florestais nativas desenvolvido pela Companhia Energética de São Paulo - CESP. In: SÍMPOSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS, 1., 1984, Belo Horizonte. **Anais...** Brasília, DF: IBDF, 1986. p.85-107.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. v.1, p.567-572.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CHAGAS JÚNIOR, J.M.; DOUGLAS, A.C.; MANSANARES, M.E. A família Bignoniaceae Juss. (ipês) no Município de Lavras, Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v.16, n.4, p.517-529, 2010.

CIAMPI, A.Y.; AZEVEDO, V.C.R.; SILVA, V.P. da. Análise genética populacional de *Tabebuia impetiginosa* utilizando marcadores moleculares RAPD. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Brasília, DF, n.55, p.3-14, 2003.

CNCFlora. ***Handroanthus heptaphyllus* in lista vermelha da flora brasileira**. versão 2016. rio de Janeiro: Centro Nacional de Conservação da Flora, 2016. Disponível em <<http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Handroanthusheptaphyllus>>. Acesso: em 8 set. 2016.

CRUZ, C.D. **Programa GENES: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2001. 648p.

CRUZ, E.D.; CARVALHO, J.E.U. Biometria de frutos e sementes e germinação de curupixá (*Micropholis cf. venulosa* Mart. & Eichler – Sapotaceae). **Acta Amazônica**, Manaus, v.33, n.3, p.389-398, 2003.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. v.2, cap. 6, p.357-434..

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 2004, 480p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 1997. 306-313p.

CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, A.L. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, 620p.

CRUZ, E.D.; MARTINS, F.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, p.161-165, 2001.

CRUZ, C.D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**, 1990, 188 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

CZABATOR, F.J. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. **Forest Science**, Washington, v.8, n.4, p.386 – 396, 1962.

DEGAN, P.; AGUIAR, I.B.; SADER, R.; PERECIN, D.; PINTO, L.R. Influência de métodos de secagem na conservação de sementes de ipê-branco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.3, p.492-496, 2001.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. London: Longman, 1996. 464p.

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

FREITAS, M.L.M.; AGUIAR, A.V.; SPOLADORE, J.; SOUSA, A.V.; SEBBENN, A.M. Produção de sementes de espécies florestais nativas: estratégias de melhoramento. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. cap. 2.1, p.128-146.

GENTRY, A.H. Bignoniaceae – part I (crescentieae and tourrettieae). **Flora Neotropica**, New York, v.25, p.1-130, 1980.

GENTRY, A.H. Flora neotropica: bignoniaceae - Part II (tribe Tecomeae). **Flora Neotropica**, New York, v.25, n.2, p.1-130, 1992.

GIUDICE NETO, J.; SEBBENN, A.M.; KAGEYAMA, P.Y. Diversidade genética de uma população "ex situ" de *Caesalpinia echinata* Lam. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.69, p.125-133, 2005.

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 14.ed. Piracicaba: Ed. Nobre, 2000. 477p.

GONZALES, J.L.S. **Variabilidade da germinação e caracteres de Sementes entre matrizes de farinha-seca [*Albizia hassleri* (Chod.) Burkart.]-Fabaceae**. 2007. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

GRINGS, M; BRACK, P. *Handroanthus heptaphyllus* (ipê-roxo) In: CORADIN, L; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Org.) **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região sul**. Brasília, DF: MMA, 2011. 934 p.

GROSE, S.O.; OLMSTEAD, R.G. Taxonomic revisions in the polyphyletic Genus *tabebuia* s. l. (Bignoniaceae). **Systematic Botany**, Tallahassee, v.32, n.3, p.660-670, 2007.

GUERRA, M.E.C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M.I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae-Caesalpinioideae). **Revista Cerne**, Lavras, v.12, n 4, p.322-328, 2006.

JOËT, T.; OURCIVAL, J.; DUSSERT, S. Ecological significance of seed desiccation sensitivity in *Quercus ilex*. **Annals of Botany**, Oxford v.111, p.693-701, 2013.

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

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p.249-269.

KAGEYAMA, P.Y. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Piracicaba: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2003. 340p.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B.A. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v.1, n.1, p.147-155, 2005.

KRZYŻANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-20.1991.

LABOURIAU, L.G. **A germinação de sementes**. Washington: OEA, 1983. 174 p.

LONGHI, R.A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do Sul**. 2.ed. Porto Alegre: L&PM, 1995. 176p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Nova Odessa: Plantarum, 2008. v.1, p.62.

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

MARCHI, J.L; CICERO, S.M. Procedimentos para a condução do teste de condutividade elétrica em sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.12, n.1/3, p.20-27, 2002.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **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. 495p.

MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 237p.

MARDIA, A.K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press, 1997. 518 p.

MARENGO, J.A. Global warming and climate change in Amazonia. In: KELLER, M. (Ed.). **Amazonia and global change**. Washington: American Geophysical Union, 2009. v.186, p.262-273.

MARTINELLO, G.E.; LEAL, N.R.; JÚNIOR, A.T.A.; PEREIRA, M.G.; DAHER, R.F. Divergência genética em acessos de quiabeiro com base em marcadores morfológicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.20, n.1, p.52-58, 2002.

MARTINS, M.R.S.G. **Viabilidade de sementes de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) MATTOS armazenadas nos frutos**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciencia Florestal) – Faculdade de Ciências Agrômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

MARTINS, S.V. **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Visçosa: UFV, 2012, 293 p.

MARTINS, M.A.G.; OLIVEIRA, D.M.T. Morfo-anatomia e ontogênese do fruto e da semente de *Tipuana tipu* (Benth.) O. kunntze (Fabaceae: Faboideae). **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**, v.29, n.3, p.8-

17, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000300002>>. Acesso em: 21 nov.2014

MORI, N.T. **Variabilidade genética entre e dentro de subpopulações de ipê-roxo *Handroanthus heptaphyllus* (vell.) Mattos e seu sistema reprodutivo.** 2010. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

MORI, T.N.; MORI, E.S.; TAMBARUSSI, E.V.; MORAES, M.L.T.; SEBBENN, A.M. Sistema de cruzamento em populações de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos e suas implicações para a coleta de sementes para fins de conservação e melhoramento genético. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.43, n.107, p.675-681, 2015.

MORI, E.S.; SANTOS, P.E.T. Programa cooperativo interação genótipo x ambientes. **IPEF**, Piracicaba, v.6, n.21, p.1-33, 1989. Série Técnica. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr21/cap01.pdf>>. Acesso em: 24 nov.2014.

MORI, E.S. Genética de populações arbóreas: orientações básicas para seleção e marcação de matrizes. **IF Série Registros**, São Paulo, v.1, n.25, p.35 – 44, 2003.

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento misto com essências nativas:** mata ciliar. São Paulo: Instituto Florestal, 2010. 148p.

NOGUEIRA, J.C.B. **Reflorestamento misto com essências nativas:** a mata ciliar. São Paulo: Instituto Floresta, 2010. p.88.

OLIVEIRA, L.Z. **Variabilidade genética de caracteres morfológicos e germinação de *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur. (Bignoniaceae) no Município de Macapá, AP.** 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)– Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

OLIVEIRA, E.C. Morfologia de plântulas florestais. In: AGUIAR, I.B., PIÑA RODRIGUES, F.C.M., FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Sementes florestais tropicais.** Brasília, DF: ABRATES, 1993. p.175-214.

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; GUIMARÃES, R.M.; MASETTO, T.E. Avaliação da qualidade de sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley– (Bignoniaceae) pelo teste de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.26, n.2, p.138-143, 2004.

OLIVEIRA, A.K.M.; SCHLEDER, E.D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.1, p.25-32, 2006.

OLIVEIRA, S.S.C. de; NETO, J.C. de A.; CRUZ, S.J.S; FERREIRA, V.M. Caracterização morfométrica de sementes e plântulas e germinação de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n.3, p.643-653, 2012.

PAIVA, A.V.; POGGIANI, F. Crescimento de mudas de espécies arbóreas nativas plantadas no sub-bosque de um fragmento florestal. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n.57, p.141-51, 2000.

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

PAULA, J.E.; ALVES, J.L.H. **Madeiras nativas**: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção, uso. Brasília, DF: Fundação Mokiti Okada, 1997. 541 p.

PEDRON, F.A.; MENEZES, J.P.; MENEZES, N.L. Caracteres biométricos de fruto, endocarpo e semente de butiazeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.585-586, 2004.

PEREIRA, F.H.F.; PUIATTI, M.; MIRANDA, G.V.; SILVA, D.J.H.; FINGER, F.L. Divergência genética entre acessos de taro utilizando caracteres qualitativos de inflorescência. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.21, n.3, p.520-524, 2003.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p.215-274.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FREIRE, J.M.; SILVA, L.D. Caracteres genéticos para colheita de sementes de espécies florestais. In: PIÑA –RODRIGUES, F.C.M.; FREIRE, J.M.; LELES, P.S.S.; BRIER, T.B. (Ed.). **Caracteres técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007. p.51-102.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289p.

RIBEIRO, R.A.; RODRIGUES, F.M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v.5, n.3, p.253-260, 2006.

ROCHA, D.C.; RODELLA, R.A.; MARTINS D. Caracterização morfológica de espécies de trapoeraba (*Commelina* spp.) utilizando a análise multivariada. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v.25, n.4, p.671-678, 2007.

ROVERI, A.N. **Divergência genética entre árvores matrizes de *Ceiba speciosa* St. Hil. para características de frutos e sementes**. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Jaboticabal, 2014.

SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2004. 248p.

SANTOS, F.S.; PAULA, R.C.; SABONARO, D.Z.; VALADARES J. Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.37, n.82, p.163-173, 2009.

SEBBENN, A.M. Numero de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.14, n.2, 2002.

SEIDEL, E.J.; JÚNIOR, F.J.M.; ANSUJ, A.P.; NOAL, M.R.C. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v.30, n.1, p.7-15, 2008.

SOCOLOWSKI, F.; CÍCERO, S.M. Caracterização morfológica de embriões por imagens de raios X e relação com a massa e a qualidade fisiológica de sementes de *Tecoma stans* L. Juss ex Kunth (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.30, n.2, p.200-208, 2008.

SOFTWARE Statistica. version 10. 2011. Data analysis software system. Disponible em:< <http://www.statsoft.com>>.

SOUSA, V.A.; AGUIAR, V.A.; MOURA, F.N.; MORAES, M.A.; MORAES, M.L.T.; SEBBENN, A.M. Fluxo gênico e estrutura genética especial intrapopulacional e suas implicações para a coleta de sementes de espécies arbóreas tropicais. . In: PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. Cap. 1.1, p. 46-82.

TONETTO, T.; ARAUJO, M.M.; MUNIZ, M.F.B.; WALKER, C.; BERGHETTI, A.L.P. Storage and germination of seeds of *Handroanthus heptaphyllus* (Mart.) Mattos. **Journal of Seed Science**, Londrina, v.37, n.1, p.40-46, 2015.

TRESENA, N.L.; CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M.; DUARTE, M.E.M.; MORAES, A.M. DE; DIAS, V.S. Qualidade fisiológica da semente de ipê rosa (*Tabebuia heptaphylla* (Vellozo) Toledo) submetidas à crioconservação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, p.87-93, 2009.

VALENTINI, S.R.T.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Aplicação do teste de vigor em sementes. In: SILVA, A.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.75-84. (Série Registros, 14).

WIELEWICKI, A.P.; LEONHARDT, C.; SCHLINDWEIN, G.; MEDEIROS, A.C.S. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v.28, n.3, p.191-197, 2006.