

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

THUANNY LINS MONTEIRO

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM SAPUCAIA BASEADA EM
CARACTERÍSTICAS JUVENIS

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2015

THUANNY LINS MONTEIRO

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM SAPUCAIA BASEADA EM
CARACTERÍSTICAS JUVENIS

Monografia apresentada ao
Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheira
Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2015

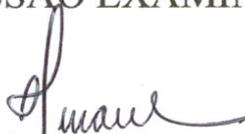
THUANNY LINS MONTEIRO

DIVERGÊNCIA GENÉTICA EM SAPUCAIA BASEADA EM
CARACTERÍSTICAS JUVENIS

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Aprovada em 03 de julho de 2015.

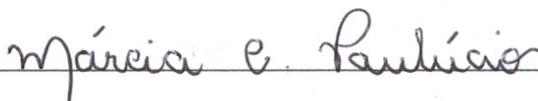
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Aderbal Gomes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo



Mestranda em Ciências Florestais Márcia Cristina Paulúcio
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, pela minha vida, por ter cuidado de mim em momentos tão difíceis, dando-me graça para suportar o que eu tinha que passar, por ter essa imensa misericórdia que, mesmo com minhas falhas e fraquezas, perdoou-me e também por ter chegado até aqui. Agradecida estou e sempre estarei, Senhor. Minha vida não tem sentido sem Ti.

Gostaria de agradecer a minha mãe, por ser uma mãe maravilhosa que sempre me apoiou e incentivou a estudar mais e mais (te amo muito), sem você nada disso seria possível.

Ao meu esposo, também agradeço, porque mesmo sem entender, mostrou-me que ainda havia uma saída quando eu estava desiludida e achando que iria desistir. Lembrou-me do quanto eu já tinha lutado e das promessas que Deus ainda tem comigo. Você foi fundamental para minha chegada aqui.

Deixo aqui também um agradecimento a minhas amigas Aline, Tamyris e Gizele, que nesses quase 5 anos, ajudaram-me, foram pacientes comigo e me ensinaram que amigas de verdade nem sempre concordam uma com a outra, mas mesmo não concordando, aprendemos que respeitando as diferenças ganhamos muito mais! E em meio a dificuldades e noites mal dormidas (estudando para inúmeras provas) a diversão, brincadeiras e ânimo nunca ficavam de fora e nos momentos mais complicados, um abraço falava muito mais que várias palavras. A vocês, muito obrigada!

Agradeço também aos professores da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, que foram essenciais nesse processo de aprendizado e em especial ao Prof. Rodrigo Sobreira Alexandre, meu orientador, pela oportunidade de trabalhar com ele, um professor muito esforçado e dedicado, agradeço a prestatividade e atenção. Agradeço também ao Prof. Aderbal Gomes da Silva e a Márcia Cristina Paulúcio pela disponibilidade de fazer parte da banca examinadora.

À UFES pelo apoio e por ter sido um local no qual eu aprendi muito e que jamais esquecerei.

Por fim, a todos que de forma direta ou indiretamente me ajudou a estar aqui, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A sapucaia, *Lecythis pisonis*, é uma espécie que tem usos madeireiros, ornamentais e frutíferos, suas castanhas são comestíveis e saborosas, comparáveis a outras amêndoas do mercado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento morfofisiológico de genótipos de sapucaia (*L. pisonis* Cambess.) por meio de características juvenis. Para isso foi medido o comprimento, largura, espessura e massa das sementes e determinado a densidade. Em seguida, as sementes foram colocadas para emergir em bandejas de plástico com substrato areia, umedecidas sempre que necessário. Foram feitas avaliações diárias com contagem do número de plântulas emergidas, por um período de cinco meses. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo os tratamentos os vinte e um genótipos. Ao término do experimento, foram analisados os dados pela análise de variância, teste F, Scott-Knott, a partir da distância generalizada de Mahalanobis foi feito o método de otimização de Tocher, contribuição relativa dos caracteres e correlação fenotípica entre dez variáveis. Pode-se concluir que a percentagem de emergência foi maior em genótipos que apresentaram maiores densidades; há variações entre as características biométricas das sementes de sapucaia; o volume, a massa e a densidade foram as características que mais contribuíram para a diversidade genética; a variabilidade encontrada nas sementes de sapucaia e a emergência desuniforme, indicam a existência de dormência.

Palavras chave: *Lecythis pisonis*. Genótipos. Sementes. Emergência. Biometria.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo geral	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Descrição da espécie.....	4
2.2 Divergência genética, variabilidade e biometria	5
3 METODOLOGIA.....	7
4 RESULTADOS DA PESQUISA	9
5 CONCLUSÕES	14
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Biometria de sementes de 21 genótipos de sapucaia (<i>L. pisonis</i> Cambess.)..	10
Tabela 2 – Estimativas da contribuição relativa de cada característica (S.j) para a divergência genética entre os genótipos de sapucaia, pelo método de Singh (1981) distância generalizada de Mahalanobis (D2).....	11
Tabela 3 – Representação do agrupamento gerado pelo método de otimização de Tocher com base na Distância Generalizada de Mahalanobis entre os genótipos de sapucaia, mediante a utilização de 10 características das sementes.....	12
Tabela 4 – Coeficiente de correlação fenotípica entre variáveis de 21 genótipos de sapucaia.	12

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (A) Emergência (%) e (B) índice de velocidade de emergência (IVE) de 21 genótipos de sapucaia (<i>L. pisonis</i> Cambess.).....	9
---	---

1 INTRODUÇÃO

A extração sustentável de produtos florestais não madeireiros é uma forma de conservação da biodiversidade e renda a várias famílias (SAHA; SUNDRIYAL, 2012).

Produtos florestais como as castanhas tem grande importância por integrar mais de uma atividade econômica em uma mesma área (KLIMAS et al., 2012). Com isso a castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) pertencente à família Lecythidaceae é considerada uma das maiores riquezas em áreas de castanhais (VIANNA, 1972) e segundo Peres (2003) já tem mercado estabelecido tanto para consumo interno quanto para exportação, por ser considerada a fonte alimentar mais rica em selênio (THOMSON et al., 2008). Outra castanha, de grande importância é a sapucaia (*L. pisonis* Cambess.), pela constituição química de suas amêndoas, como a presença de minerais como Na, K, B, Mn, Fe, Al, Pb, Zn, Cu, Ca, P (VALLILO et al., 1998; DENADAI et al., 2007; SOUZA et al., 2008; CARVALHO et al., 2012), vitaminas A (BARRETO; CAVALCANTI, 1947) e C (VALLILO et al., 1998), além da provável capacidade fitorremediadora desta espécie ao chumbo (SOUZA et al., 2009).

O selênio é um elemento que promove muitos benefícios a saúde humana, dentre eles pode-se citar a função antioxidante, a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, o aumento da resistência pelo sistema imunológico e a proteção contra ação nociva de metais pesados (HOLBEN; SMITH, 1999; NAVARRO-ALARCOM; CABRERA-VIQUE, 2008). Rita Cardoso et al. (2015) observaram que as selenoproteínas são responsáveis por respostas positivas em idosos com comprometimento cognitivo leve, ao consumirem uma castanha do Brasil por dia. Por outro lado, a espécie *Lechytis minor* é hiperacumuladora com concentrações de Se maiores que 4.000 mg kg⁻¹ (NÉMETH; DERNOVICS, 2015).

Entre as lecitidáceas o uso madeireiro das espécies arbóreas é comum, como pode-se citar o jequitibá branco – *Cariniana estrellensis* - que é utilizado em construções civis para peças internas como vigas e caibros, móveis, molduras e saltos de sapatos, o jequitibá rosa – *C. legalis* – usado na confecção de brinquedos, lápis, cabos de vassouras e móveis (LORENZI, 1998), a castanha de macaco – *C. micranta* – que pode ser usada em construções gerais, cabos, ferramentas, caixotaria, brinquedos e lápis (LOUREIRO

et al., 1979), o ceru – *Allantoma lineata* – mais indicado em construções internas como forros, cantoneiras, rodapés e embalagens, a chopeira – *Gustavia speciosa* – usada como caibros e vigas (LORENZI, 2009) e a castanha do Brasil – *B. excelsa* – com utilizações em tábuas para assoalhos e paredes, painéis decorativos, embalagens (LORENZI, 1998).

Características biométricas são ferramentas importantes para constatar diferenças entre espécies do mesmo gênero ou variações genéticas dentro de uma mesma espécie (GUSMÃO et al., 2006), sendo muito importante para programas de melhoramento genético.

A propagação das espécies da família Lecythidaceae é seminífera, como em *B. excelsa* (CAMARGO et al., 2000; SILVA et al., 2009), *L. pisonis* (CARDOSO; NAKAO, 2014), *Couratari stellata* (CRUZ; CARVALHO, 2003) e *C. estrellensis* (HERNANDEZ et al., 2013).

Dentre as espécies arbóreas da Mata Atlântica Tropical Brasileira, 40% apresentam dormência nas sementes, entre elas, a dormência física e fisiológica está presente em proporções semelhantes, entretanto, a probabilidade de que uma espécie tenha dormência física ou fisiológica dobra naquelas encontradas em ambiente ensolarado (SOUZA et al., 2015). A dormência física é maior no grupo de espécies não-clímax enquanto a dormência fisiológica ocorre em proporções semelhantes em clímax e não-clímax, e ainda a massa de sementes, não está associada com a presença ou ausência de dormência, segundo o mesmo autor. De acordo com Rolim et al. (1999) a espécie *L. pisonis* é climática.

Um problema encontrado em algumas espécies que dificulta a entrada de água e oxigênio, retardando a germinação e por consequência a emergência de plântulas, é a produção de sementes com tegumento duro (MOUSSA et al., 1998), caso encontrado na espécie sapucaia. Porém isso também pode ser considerado uma forma de protege-la, uma vez que reduzem as flutuações de temperatura, umidade e micro-organismos (MOHAMED-YASSEEN et al., 1994).

Estudos como este trazem informações relevantes para futuros trabalhos com a espécie, principalmente quanto a variabilidade e germinação, uma vez que a variabilidade dessa espécies pouco conhecida, mesmo sendo importante para sua manutenção.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento morfofisiológico de genótipos de sapucaia (*L. pisonis* Cambess.) por meio de características juvenis.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a emergência de plântulas de vinte e um genótipos de sapucaia;
- Avaliar a biometria de sementes de vinte e um genótipos de sapucaia;
- Avaliar a diversidade genética de vinte e um genótipos de sapucaia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Descrição da espécie

A sapucaia (*L. pisonis*), pertence à família Lecythidaceae, é conhecida como castanha sapucaia, cumbuca de macaco, sapucaia vermelha, caçamba do mato e marmitta de macaco (LORENZI, 1998).

Ainda segundo este autor, é uma árvore brasileira de grande porte, com altura de 20 a 30 m, com diâmetro de 50 a 90 cm, apresentando folhas membranáceas e finas, que quando novas tem coloração rósea. O tronco é estriado e a espécie tem uso ornamental, frutífera e madeireira, apresentando frutos grandes com amêndoas comestíveis e saborosas (RIBEIRO, 2010), muito apreciadas pela fauna (LORENZI, 1998). As folhas da sapucaia apresentam alta atividade antioxidante que, pode estar associada com elevados níveis de fenóis e flavonoides (FERREIRA et al., 2014), além de apresentar efeito antinociceptivo em camundongos (BRANDÃO et al., 2013).

A madeira da sapucaia é moderadamente pesada, com densidade de $0,88 \text{ g cm}^{-3}$, apropriada para obras externas como postes, dormentes, moirões, estacas, mastros, ripas, caibros, tacos, vigas, janelas, cabos de ferramentas, dentre outros (LORENZI, 1998). É uma planta decídua, heliófita e característica das matas úmidas da costa atlântica, porém tolera ambientes abertos, segundo o mesmo autor.

Lorenzi (1998) ainda afirma que sua floração ocorre de setembro a outubro, com a copa na coloração lilás, devido a nova folhagem rosada; e a maturação dos frutos ocorre nos meses de agosto a setembro. Quanto as sementes, sua viabilidade é curta, não ultrapassando 90 dias, sendo recomendado colocar as sementes para germinação logo após serem colhidas.

A sapucaia pode ser considerada uma boa fonte de energia, com valores superiores a outras amêndoas, como noz de avelã, castanha de caju, amêndoa do licuri e até mesmo a castanha do Brasil (SOUZA et al., 2008).

Nos municípios de União-PI, Belo Horizonte-MG e Pindamonhangaba-SP, foram feitas determinações de metais pesados em sementes de sapucaias, mostrou que os resultados foram menores aos permitidos pelo *Codex Alimentarius* para os dois

primeiros municípios (SOUZA et al., 2009). No entanto, em Pindamonhangaba-SP foi acima do limite permitido devido à contaminação ambiental no solo deste município. Vallilo et al. (1998), verificaram também que a concentração de Pb ($0,96 \mu\text{g g}^{-1}$) em sementes de sapucaia foi acima do limite máximo permitido pela legislação brasileira que é de $0,5 \mu\text{g g}^{-1}$, indicando toxicidade e contaminação antrópica do local amostrado; pelos resultados obtidos por Souza et al. (2009) e o índice de contaminação de Pb no local de coleta, revela a provável capacidade fitorremediadora da sapucaia para este metal pesado.

2.2 Divergência genética, variabilidade e biometria

A variabilidade genética é a capacidade de uma espécie expressar fenótipos diferentes (RAMALHO et al., 2000). Estes têm interação com o ambiente, passando por mudanças contínuas, ao contrário dos genótipos que apresentam-se estáveis, sendo eles a soma de todos os genes (JOHANNSEN, 1911).

A divergência genética é muito importante por propiciar conhecimento sobre a variabilidade genética em uma referida população e tornar possível o monitoramento de bancos de germoplasma (CRUZ; CARNEIRO, 2003). Nesta linha de pesquisa têm-se muitos trabalhos envolvendo diversas espécies, tais como o de Ribeiro et al. (2012) para a espécie *Dipterix lacunifera*, o de Serra et al. (2006) para a *B. excelsa*, o de Azevedo et al. (2014) para *Brassica oleracea var. acephala*, o de Kageyama et al. (2003) para *Trema micranta*, *Cecropia pachystachya*, *Cedrella fissilis*, *Cariniana legalis*, *Maytenus aquifolia* e *Esenbeckia leiocarpa* e o de Miranda et al. para a cultura *Zea mays*.

As sementes de sapucaia possuem constituição química diversa e um dos primeiros a relatarem a presença de lipídeos e de fontes de vitamina A e seus precursores foram Barreto e Cavalcanti (1947). Vallilo et al. (1998) encontraram em sementes de sapucaia em Santa Rita do Passa Quatro-SP, altos teores de proteínas ($19,9 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), lipídeos ($63,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), vitamina C ($17,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e valor calórico ($684 \text{ Kcal } 100 \text{ g}^{-1}$).

Tamanho e peso de frutos e sementes são características de cada espécie, existindo, no entanto, influência ambiental muito grande (ALVES et al., 2005).

Tratando-se de uma mesma espécie, por variabilidade genética e variações durante o desenvolvimento das sementes, estas podem variar entre plantas de um ano para o outro e também dentro da mesma planta (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993).

De acordo com Cruz e Carvalho (2003), as características tamanho dos frutos, número de sementes por fruto e tamanho das sementes são muito variáveis em árvores tropicais. Com isso, estudos biométricos de frutos e sementes auxiliam na determinação da variabilidade entre espécies (MARTINS; OLIVEIRA, 2001).

A biometria de sementes e frutos vêm sendo mais utilizada, enfatizando sua importância, como pode-se ver em trabalhos com as espécies *Hymenaea intermedia* (CRUZ, 2001), *Hymenaea courbaril* (ANDRADE, 2010), *Magonia pubescens* (MACEDO, 2009), *Byrsonima verbascifolia* (GUSMÃO, 2009), *Triplaris surinamesis* (SOUTO, 2012).

3 METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Laboratório de Sementes do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no período de julho de 2014 a março de 2015.

As sementes de sapucaia foram coletadas de diferentes matrizes da região norte do Espírito Santo, nos municípios de Sooretama e Linhares.

Com a chegada das mesmas em laboratório, foram separadas por genótipos, numeradas de 1 a 21, sendo que de cada um foi retirada uma amostra de 100 sementes para fazer a biometria. Para a montagem do experimento de emergência, elas foram lavadas em água corrente, imersas em hipoclorito de sódio por 5 minutos e no fungicida Orthocide® e em seguida passadas em água destilada e semeadas em bandejas de plástico com o substrato areia esterilizada a 100°C em estufa. Após o umedecimento da areia, foram colocadas em câmaras de B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) a uma temperatura de 25°C com fotoperíodo de 12h.

As sementes de sapucaia foram avaliadas quanto a: **a) Emergência (E, %):** foi realizada contagem diária para sua determinação, sendo que o substrato foi umedecido com água destilada. Estas sementes foram mantidas em B.O.D. regulada a temperatura de 25°C, ao final, os valores foram convertidos em percentagem, através da fórmula $E = (e_n/25) \times 100$, onde e_n é o número de emergências no determinado dia (BRASIL, 2009). **b) Índice de velocidade de emergência (IVE):** foram feitas contagens diárias para avaliar a velocidade de emergência. O IVE foi calculado utilizando-se a equação proposta por Maguire (1962) em que: IVE = índice de velocidade de emergência; E_n = número de plântulas emergidas computadas desde o primeiro até o último dia de avaliação e N_n = número de dias transcorridos desde o primeiro até o último dia da emergência. **c) Biometria:** foi medido o comprimento, a largura e a espessura das sementes de cada repetição dos tratamentos, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. **d) Massa (g):** para essa medição utilizou-se de uma balança de precisão de 0,0001 g e pesou-se vinte sementes de cada genótipo e em seguida fez-se a média por genótipo (Tabela 1). **e) Volume (cm³):** foi determinado pela imersão da

semente em recipiente com água destilada sob balança digital de precisão de 0,0001 g (Princípio de Arquimedes), utilizando-se vinte sementes de cada genótipo e fazendo a média para cada um destes. **f) Densidade (g cm^{-3}):** determinada através da fórmula $D = M/V$, sendo D = densidade da semente, M = massa da semente e V = volume da mesma semente, utilizando-se valores médios para cada genótipo.

O experimento foi disposto em delineamento inteiramente casualizado, sendo que os tratamentos foram os 21 genótipos de sapucaia, com 4 repetições e 25 sementes por repetição, totalizando 100 sementes por tratamento.

Os dados foram submetidos primeiramente à análise de variância e teste F a 5% de significância e as médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott com mesma probabilidade. Utilizou-se o software Genes (CRUZ, 2013) para realizar as análises estatísticas. Foi utilizada a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade e o método de otimização de Tocher. Por fim, foi feita a contribuição relativa dos caracteres massa, volume, densidade, percentagem, tempo médio e velocidade de emergência, comprimento, largura, espessura e relação largura e espessura das sementes para a divergência genética pelo método de Singh (1981) e a correlação fenotípica dessas características.

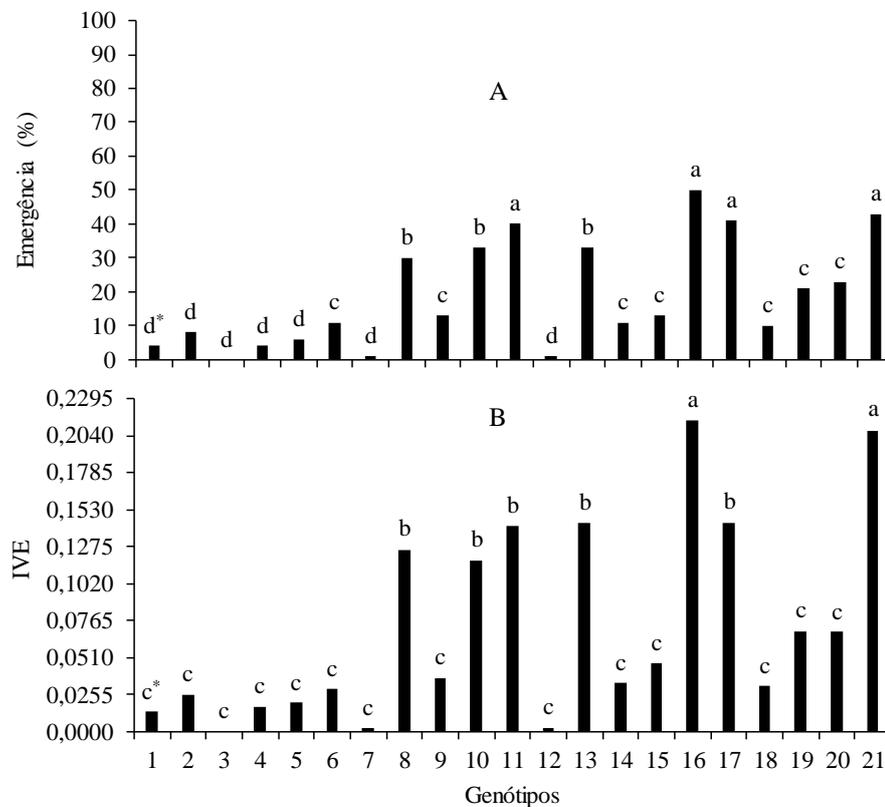
4 RESULTADOS DA PESQUISA

A emergência dos 21 genótipos de sapucaia foi lenta e desuniforme, com tempo médio entre 70 e 96 dias (dados não mostrados), fato também encontrado na lecitidácea *C. stellata* (CRUZ; CARVALHO, 2003). Camargo et al. (2000) também observaram emergência lenta em *B. excelsa* e, segundo os autores, pode ser devido à necessidade de tempo para ocorrer a embebição, ativação enzimática e diferenciação dos tecidos meristemáticos da semente, sendo que este processo pode ser afetado tanto pela elevada quantidade de reservas do embrião quanto por um balanço hormonal interno.

Os genótipos 16 (50%) e 21 (43%) apresentaram as maiores percentagens (Figura 1A) e velocidades de emergência (Figura 1B). Os genótipos 11 (40%) e 17 (41%), não diferiram estatisticamente dos anteriores quanto a percentagem, porém a velocidade de emergência foi menor (Figuras 1A e B, respectivamente). Três (16, 21 e 17) dos quatro genótipos citados acima obtiveram médias iguais e, ou superiores às encontradas por Silva et al. (2009) para *B. excelsa*, que foi de 41% de amêndoas com raiz e epicótilo.

Os genótipos 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 12 apresentaram as menores emergências, não ultrapassando 8% (Figura 1A). Somados a eles, os genótipos 6, 9, 14, 15, 18, 19 e 20 foram os que apresentaram as menores velocidades de emergência (Figura 1B). Estes baixos valores de emergência dos genótipos podem estar relacionados em parte à provável dureza tegumentar das sementes desta espécie. Por outro lado, Vallilo et al. (1998) observaram que alguns genótipos de sapucaia apresentam na fração lipídica o ácido linoleico (48,6% p/p) considerado o ácido graxo essencial e participante nos processos de inibição de germinação de sementes (VALLILO et al., 1998).

Figura 1 – (A) Emergência (%) e (B) índice de velocidade de emergência (IVE) de 21 genótipos de sapucaia (*L. pisonis* Cambess.).



*Médias seguidas de mesma letra entre os genótipos pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Quanto a biometria, verificou-se que todas as características analisadas foram variáveis (Tabela 1). Braga et al. (2007) também encontraram variabilidade entre as características largura, espessura e massa de sementes de sapucaia. Porém, diferentemente deste mesmo autor, o comprimento (34,75 a 47,89 mm) foi a característica que apresentou maior variabilidade, juntamente com a densidade (0,54 a 1,04 g cm⁻³), com formação de oito agrupamentos (Tabela 1). Souza et al. (2008) encontraram valores de comprimento de sementes de sapucaia de 23,5 mm, o que mostra variação dentro da mesma espécie. Rodrigues et al. (2015) observaram em 40 árvores de *L. pisonis* valores médios de heterozigosidade observada e esperada de 0,687 e 0,856, respectivamente. Isto indica alto nível de diversidade genética, o que há grande potencial entre as mesmas para hibridação intraespecífica.

O genótipo 16 seguido dos genótipos 21 e 17 foram os que apresentaram maiores densidades e emergências dentre todos os genótipos estudados, estando de acordo com Cardoso e Nakao (2014) que encontraram maiores valores de germinação em maiores densidades das sementes de sapucaia. Com ressalva do genótipo 11, que apresentou densidade $0,80 \text{ g cm}^{-3}$ e não diferiu estatisticamente dos anteriores quanto a emergência. Entretanto, os genótipos 13 e 20 apresentaram alta densidade ($0,97$ e $0,98 \text{ g cm}^{-3}$, respectivamente) mas com valores de emergência menores (33 e 23%, respectivamente). Os demais genótipos tiveram densidade entre $0,54$ e 94 g cm^{-3} e a emergência variando de 0 a 33% (Tabela 1).

Tabela 1 - Biometria de sementes de 21 genótipos de sapucaia (*L. pisonis* Cambess.).

Genótipos	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (g)	Volume (cm^3)	Densidade (g cm^{-3})
1	39,53 e	22,98 c	19,00 b	5,44 d	7,09 c	0,77 f
2	47,54 a	26,65 a	21,25 a	5,90 c	8,26 b	0,71 g
3	38,92 f	22,26 c	17,63 c	5,15 d	5,95 d	0,87 d
4	44,67 c	22,93 c	18,06 c	3,15 f	5,82 d	0,54 h
5	37,18 g	18,53 e	14,99 e	1,90 g	3,43 g	0,56 h
6	43,76 d	25,43 b	20,87 a	6,35 c	7,95 b	0,80 e
7	47,92 a	26,46 a	20,77 a	7,61 a	9,25 a	0,83 e
8	37,84 f	21,02 d	15,66 e	4,51 e	5,05 e	0,89 d
9	38,90 f	21,86 c	18,07 c	5,33 d	6,46 d	0,82 e
10	46,34 b	23,67 c	19,18 b	7,57 a	9,55 a	0,80 e
11	45,89 b	21,59 c	17,33 d	6,18 c	7,69 b	0,80 e
12	34,75 h	20,60 d	15,59 e	4,22 e	5,24 e	0,81 e
13	43,99 d	25,01 b	20,81 a	7,40 a	7,60 b	0,97 b
14	46,33 b	24,64 b	21,00 a	7,53 a	8,21 b	0,93 c
15	40,13 e	26,38 a	21,59 a	5,32 d	5,62 d	0,94 c
16	38,39 f	21,95 c	16,81 d	4,91 d	4,71 f	1,04 a
17	47,89 a	26,34 a	20,91 a	6,86 b	7,03 c	0,97 b
18	46,11 b	25,60 b	21,06 a	6,78 b	7,45 c	0,91 d
19	45,14 c	22,66 c	18,96 b	5,34 d	5,88 d	0,90 d
20	39,93 e	27,10 a	21,30 a	7,03 b	7,15 c	0,98 b
21	45,44 c	24,31 b	19,36 b	6,96 b	7,18 c	0,97 b

*Médias seguidas de mesma letra entre os genótipos pertencem ao mesmo agrupamento, pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

As características que mais contribuíram para a divergência genética, foram o volume (29,41%), massa (28,35%) e densidade (19,18%) (Tabela 2), somados contribuem com mais de 77%, possuindo importância a mais na escolha de genótipos divergentes, uma vez que não são características destrutivas.

A percentagem de emergência (1,76%), largura (1,94%), espessura (8,63%) e o comprimento (10,60%) pouco contribuíram para a divergência genética (Tabela 2). Diferente dos resultados encontrados por Negreiros et al. (2008) para a espécie *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, em que a emergência (55,6%), número de folhas (18,7%) e o IVE (18,2%), foram os de maior contribuição relativa.

Tabela 2 - Estimativas da contribuição relativa de cada característica (S,j) para a divergência genética entre os genótipos de sapucaia, pelo método de Singh (1981) a partir da distância generalizada de Mahalanobis (D^2).

Variáveis	S,j	Valor em %
Emergência (%)	1403,819064	1,7612
Comprimento (mm)	8451,499925	10,6032
Largura (mm)	1551,147374	1,9461
Espessura (mm)	6883,709541	8,6362
Massa (mg)	22601,747515	28,3559
Volume (cm ³)	23525,302943	29,5146
Densidade (g cm ³)	15290,207038	19,1829

O método de otimização de Tocher gerou dois grupos (Tabela 3), em que um foi composto pelo genótipo 5 e o outro pelos demais genótipos. Essa diferenciação de apenas um genótipo, foi devido ao fato de o genótipo 5 apresentar-se com valores mais discrepantes da média geral para as características avaliadas, isto é, dentre as avaliações de todas as características, foi o genótipo que se enquadrou nos agrupamentos mais distantes e inferiores, diferenciando-se dos demais, mostrando-se o pior.

Tabela 3 – Representação do agrupamento gerado pelo método de otimização de Tocher com base na Distância Generalizada de Mahalanobis entre os genótipos de sapucaia, mediante a utilização de 10 características das sementes.

Grupos	Genótipos
1	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
2	5

Concernente a correlação fenotípica (Tabela 4) foi utilizada a classificação das variáveis de acordo com Levin (1987), onde foi considerado que correlação positiva fraca, moderada e forte compreendendo o intervalo de 0,10 a menor que 0,50, de 0,50 até menor que 0,95 e de 0,95 até menor que 1,00, respectivamente; de -0,10 a menor que + 0,10 foi considerado ausência de correlação. Os valores de intervalo -1,00 a -0,95, 0,95 a -0,50, -0,5 a -0,10, correlação negativa forte, moderada e fraca, respectivamente.

Tabela 4 – Coeficiente de correlação fenotípica entre variáveis de 21 genótipos de sapucaia.

Variáveis	E	IVE	COM	LAR	ESP	MAS	VOL	DEN
E		0,9808	0,1926	0,0291	-0,0213	0,3132	0,04	0,5662
IVE			0,1496	-0,0087	-0,0676	0,2696	-0,0095	0,5595
COMP				0,6174	0,6579	0,6431	0,7573	0,0499
LAR					0,9585	0,7329	0,6634	0,4015
ESP						0,7472	0,6902	0,3624
MAS							0,8628	0,6058
VOL								0,1396
DEN								

Legenda: E: emergência (%); IVE: índice de velocidade de emergência; COM: comprimento de sementes (mm); LAR: Largura de sementes (mm); ESP: espessura de sementes (mm); MAS: Massa de 100 sementes (mg); VOL: volume de sementes (cm³); DEN: densidade de sementes (g cm³).

A espessura demonstra ter correlação positiva moderada com a massa (0,7472) e com o comprimento (0,6579) e positiva forte com a largura (0,9585), sendo importantes características para o consumo alimentício.

Houve correlação positiva moderada entre a emergência e a densidade (0,5662), indicando que sementes com maiores densidades tendem, moderadamente, a ter um maior percentual e velocidade de emergência. E correlação positiva forte entre emergência e a velocidade de emergência (0,9808).

5 CONCLUSÕES

A percentagem de emergência foi maior em genótipos que apresentaram maiores densidades, estas características estão correlacionadas de forma positiva e moderadamente.

Há variações entre as características biométricas de sementes dos 21 genótipos de sapucaia.

As características avaliadas: volume, massa e densidade foram as que mais contribuíram para a diversidade genética.

A grande variabilidade encontrada nas características avaliadas das sementes de sapucaia e a emergência desuniforme, indicam a existência de dormência nesta espécie.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005.
- ANDRADE, L. A. de; BRUNO, R. de L. A., OLIVEIRA, L. S. B.; SILVA, H. T. F. da. Aspectos biométricos de frutos e sementes, grau de umidade e superação de dormência de jatobá. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 293-299, 2010.
- AZEVEDO AM; ANDRADE JÚNIOR VC; FERNANDES JSC; PEDROSA CE; VALADARES NR; FERREIRA MAM; MARTINS RAV. Divergência genética e importância de caracteres morfológicos em genótipos de couve. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 48-54, 2014.
- BARRETO, J. B.; CAVALCANTI, T. A. A. Contribuição ao estudo do problema alimentar da Amazônia. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 45, n. 2, p. 853-875, 1947.
- BRAGA, L. F., SOUSA, M. P., GILBERT, S., CARVALHO, M. A. C. de. Caracterização morfométrica de sementes de castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* CAMBESS - Lecythidaceae). **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 5, n.1, p. 111-116, 2007.
- BRANDÃO, M. S.; PEREIRA, S. S.; LIMA, D. F.; OLIVEIRA, J. P. C.; FERREIRA, E. L. F.; CHAVES, M. H.; ALMEIDA, F. R. C. Antinociceptive effect of *Lecythis pisonis* Camb. (Lecythidaceae) in models of acute pain in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 146, p. 180-186, 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. MAPA/DAS/ACS, 2009. 395p.
- CAMARGO, I. P.; CASTRO, E. M. de; GAVILANES, M. L. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-brasil. **Cerne**, v. 6, n. 2, p. 11-18, 2000.
- CARDOSO, V. J. M.; NAKAO, E. A. *Lecythis pisonis* Cambess (sapucaia): seed morphometric traits and germinative response. **Biotemas**, v. 27, n. 1, p. 23-28, 2014.
- CARVALHO, I. M. M.; QUEIROZ, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA, A. L.; QUEIROZ, J. H. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da zona da mata mineira. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 971-977, 2012.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. UFV, v. 2, p. 585, 2003.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Biometria de frutos e germinação de sementes de *Couratari stellata* A. C. Smith (Lecythidaceae). **Acta Amazonica**, v. 33, n. 3, p. 381-388, 2003.

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

CRUZ, E. D., MARTINS, F. D. O., CARVALHO, J. E. U. D. Fruit and seed biometry and germination of jatoba-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae-Caesalpinioideae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 2, p. 161-165, 2001.

DENADAI, S. M. S.; HIANE, P. A.; MARANGONI, S.; BALDASSO, P. A.; MIGUEL, A. M. R. de O.; MACEDO, M. L. R. *In vitro* digestibility of globulins from sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) nuts by mammalia digestive proteinases. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 535-543, 2007.

FERREIRA, E. L. F.; MASCARENHAS, T. S.; OLIVEIRA, J. P. C.; CHAVES, M. H.; ARAÚJO, B. Q.; CAVALHEIRO, A. J. Phytochemical investigation and antioxidant activity of extracts of *Lecthis pisonis* Camb. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 8, n. 8, p. 353-360, 2014.

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

HERNANDEZ, W; XAVIER, A.; PAIVA, H. N.; WENDLING, I. Propagação vegetativa do jequitibá-rosa (*Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze) por estaquia. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 955-967, 2013.

HOLBEN, D.; SMITH, A. The diverse role of selenium within selenoproteins: a review. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 99, p. 836-843, 1999.

JOHANNSEN, W. L. The genotype conception of heredity. **The American Naturalist**, v. 45, n. 531, p. 129-159, 1911.

KAGEYAMA, P. Y., SEBBENN, A. M., RIBAS, L. A., GANDARA, F. B., CASTELLEN, M., PERECIM, M. B., VENCOVSKY, R. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia forestalis**, v.64, n. 1, p. 93-107, 2003.

KLIMAS, C. A., KAINER, K. A., WADT, L. H. O. The economic value of sustainable seed and timber harvests of multi-use species: An example using *Carapa guianensis*. **Forest Ecology and Management**, v. 268, n. 1, p. 81-91, 2012.

LEVIN, J. **Estatística aplicada a ciências humanas**. 2. ed. Harbra, 1987. Tradução de Sérgio Francisco Costa.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 1.ed., Instituto Plantarum, 2009. v. 3, p. 185-188.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 2. ed., Plantarum, 1998. v. 1, p. 133-141.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. E ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia**. INPA/SUFRAMA, Brasil. v. 1, 1979. 245p.

MACEDO, M. C. D., SCALON, S. D. P. Q., SARI, A. P., SCALON FILHO, H., ROSA, Y. B. C. J., ROBAINA, A. D. Biometry of fruit and seeds and germination of *Magonia pubescens* ST. Hil (SAPINDACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 202-211, 2009.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

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

MIRANDA, G. V., COIMBRA, R. R., GODOY, C. L., SOUZA, L. V., GUIMARÃES, L. J. M., & MELO, A. D. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 681-688, 2003.

MOHAMED-YASSEEN, Y.; BARRINGER, S. A.; SPLITTSTOESSER, W. E.; COSTANZA, S. The role of seed coats in seed viability. **Botanical Review**, v. 60, n. 4, p. 426-439, 1994.

MOUSSA, H.; MARGOLIS, H. A.; DUBÉ, P. A.; ODONGO, J. Factores affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semi-arid of Nger, West Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1/3, p. 27-34, 1998.

NAVARRO-ALARCON, M.; CABRERA-VIQUE, C. Selenium in food and the human body: A review. **Science of the Total Environment**, n. 1-3, p. 115-141, 2008.

NEGREIROS, J. R. S.; ALEXANDRE, R. S.; ÁLVARES, V. S.; BRUCKNER, C. H.; CRUZ, C. D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro-amarelo com base em características das plântulas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p. 197-201, 2008.

NÉMETH, A.; DERNOVICS, M. Effective selenium detoxification in the seed proteins of a hyperaccumulator plant: the analysis of selenium – containing protein of monkeypot nut (*Lecythis minor*) seed. **Journal of Biological Inorganic Chemistry**, v. 20, n. 1, p. 23-33, 2015.

- PERES, C. A., BAIDER, C., ZUIDEMA, P. A., WADT, L. H., KAINER, K. A., GOMES-SILVA, D. A., FRECKLETON, R. P. Demographic threats to the sustainability of Brazil nut exploitation. **Science**, v. 302, n. 5653, p. 2112-2114, 2003.
- PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, I. B.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**, ABRATES, 1993. p. 215-274.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**, UFLA, 2000. 472p.
- RIBEIRO, F. S. C.; SOUZA, V. A. B.; LOPES, A. C. A. Diversidade genética em castanheira-do-gurgueia (*Dipterix lacunifera* Ducke) com base em características físicas e químico-nutricionais do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 190-199, 2012.
- RIBEIRO, G. D. **Algumas espécies de plantas reunidas por famílias e suas propriedades**, Embrapa Rondônia, 2010. 179p.
- RODRIGUES, A. B.; FLORENCE, C. T.; MARIANO-NETO, E.; GAIOTTO, F. A. First microsatellite markers for *Lecythis pisonis* (Lecythidaceae), an important resource for Brazilian fauna. **Conservation Genetics Resources**, v. 7, n. 2, p. 437-439, 2015.
- ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M. Mortalidade e recrutamento de árvores na Floresta Atlântica em Linhares (ES). **Scientia Forestalis**, v. 55, p. 49-69, 1999.
- CARDOSO, B. R., APOLINÁRIO, D., DA SILVA BANDEIRA, V., BUSSE, A. L., MAGALDI, R. M., JACOB-FILHO, W., COZZOLINO, S. M. F. Effects of Brazil nut consumption on selenium status and cognitive performance in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled pilot trial. **European Journal of Nutrition**, v. 54, p. 1-10, 2015.
- SAHA, D., SUNDRIYAL, R. C. Utilization of non-timber forest products in humid tropics: Implications for management and livelihood. **Forest Policy and Economics**, v. 14, n. 1, p. 28-40, 2012.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Vassununga**. Instituto Florestal/Fundação Florestal. 2009. 309 p.
- SILVA, A. N.; COELHO, M. F. B.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Germinação de sementes de castanheira-do-pará armazenadas em areia úmida. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1431-1436, 2009.
- SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**, v. 41, n. 1, p. 237-245, 1981.

SOUTO, P. C., DA NÓBREGA LÚCIO, A. M. F., SOUTO, J. S., & DE SOUZA, B. V. Avaliações biométricas e germinação de sementes de Coaçu (*Triplaris surinamensis* Cham). **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 1, p. 147-162, 2012.

SOUZA, V. A. B.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, K. S.; FERREIRA, C. S. Características físicas de frutos e amêndoas e características químico-nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 946-952, 2008.

SOUZA, M. G.; VIEIRA, E. C.; OLIVEIRA, P. V. Determinação de As, Cd e Pb em amêndoas e mesocarpo de babaçu, sapucaia, xixá e castanha-do-Pará por espectrometria de absorção atômica. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1442-1446, 2009.

SOUZA, T. V.; TORRES, I. C.; STEINER, N.; PAULILO, M. T. S. Seed dormancy in tree species of the Tropical Brazilian Atlantic Forest and its relationships with seed traits and environmental conditions. **Brazilian Journal of Botany**, v. 1, n. 1, p. 2-11, 2015.

THOMSON, C. D., CHISHOLM, A., MCLACHLAN, S. K., & CAMPBELL, J. M. Brazil nuts: an effective way to improve selenium status. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 87, n. 2, p. 379-384, 2008.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S.; CAMPOS, N. C.; MOITA NETO, J. M. *Lecythis pisonis* Camb. nuts: oil characterization, fatty acids and minerals. **Food Chemistry**, v. 66, n. 2, p. 197-200, 1998.

VIANNA, P. R. **Estudo da castanha-do-Brasil**. Ministério da Agricultura, Comissão de Financiamento da Produção, 1972.