

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO DE PLANTAS

JOÃO FELIPE DE BRITES SENRA

Análises biométricas de palmeiras juçara de fragmentos
florestais no sul do Espírito Santo

ALEGRE

2015

JOÃO FELIPE DE BRITES SENRA

ANÁLISES BIOMÉTRICAS DE PALMEIRAS
JUÇARA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO SUL
DO ESPÍRITO SANTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Adésio Ferreira.

ALEGRE

2015

JOÃO FELIPE DE BRITES SENRA

**Análises biométricas de palmeiras juçara de fragmentos
florestais no sul do Espírito Santo**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aprovada em 19 de fevereiro de 2015

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a. Márcia Flores da Silva Ferreira
(Coorientadora)

Prof.^a. Dr.^a. Milene Miranda Praça Fontes

Prof. Dr. Rodrigo Sobreira

Prof. Dr. José Maria Dalcolmo

Prof. Dr. Adésio Ferreira
(Orientador)

A DEUS fonte de dons, talentos e amor.

*A minha esposa Lidiane pelo amor,
carinho e muita, muita, muita ...
paciência.*

*Aos meus pais Maria e Altivo, por sempre
incentivar os meus estudos.*

*Aos meus sogros Eliane e Cláudio pela
oração e fé.*

*A todos os meus amigos e familiares que
me apoiaram.*

AGRADECIMENTOS

A DEUS, fonte de todos os dons.

A Nossa Senhora da Conceição Aparecida, a mãe celestial que ampara todos os seus filhos.

A minha esposa Lidiane pelo amor e apoio incondicional a este projeto e em todos os momentos da minha vida.

A UFES e ao Centro de Ciências Agrárias e o programa de Pós Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realização do curso.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos mestres Prof. Dr. Adésio Ferreira e Prof^a. Dra. Marcia Flores da Silva Ferreira, pela amizade, ensinamentos, conselhos e principalmente, por todas as vezes que corrigiram de forma incontestável os meus erros, o meu mais sincero obrigado.

Aos amigos e colegas que ajudaram na realização deste trabalho, em especial José Henrique e Tiago.

Aos amigos do ELDR de Iúna, pela amizade, paciência e confiança. Em especial Matheus, Gabriel e Ivanete.

A meus pais Altivo e Maria por me ensinarem que a maior herança de um homem é o conhecimento e a força de vontade para seguir adiante.

Aos meus sogros Eliane e Cláudio por sempre me lembrarem do incrível poder da oração.

O importante é o ato de realizar e não as realizações. Não existe um ator, mas, sim a ação. Não existe um experimentador, mas sim o experimento.

Bruce Lee

RESUMO

A espécie *Euterpe edulis* Martius é nativa da Mata Atlântica e conhecida popularmente como palmeira juçara. Esta é uma espécie chave da Mata Atlântica, pois produz frutos que são consumidos por cerca de 30 espécies de aves e 13 espécies de mamíferos além de possuírem um grande potencial econômico para ser explorado na forma de polpa de fruta, doce e sovres. Atualmente a palmeira juçara encontra-se na lista oficial das espécies ameaçadas de extinção no Brasil. Este trabalho teve por objetivos: estimar o coeficiente de repetibilidade e de determinação de características dos frutos e das sementes, analisar o número de medições para um nível de confiança de 95% e testar diferentes metodologias de estimação da repetibilidade; estudar a diversidade genética entre os acessos e avaliar o padrão de germinação das sementes via modelos não lineares Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Will Bill; quantificar a diversidade genética interpopulacional da espécie baseada na correlação entre caracteres vegetativos e relacionados à produção de frutos. A coleta dos frutos da palmeira juçara foi realizada em 20 fragmentos florestais nos municípios da região Sul do estado do Espírito Santo: Alegre (oito fragmentos); Guaçuí (quatro fragmentos); Ibitirama (três fragmentos); Jerônimo Monteiro (um fragmento); Mimoso (três fragmentos); e Muqui (um fragmento). Para o estudo de repetibilidade foram utilizados 198 acessos, 25 frutos por planta, sendo avaliado: diâmetro longitudinal e equatorial do fruto e da semente (DLF, DLS, DEF e DES) em milímetros (mm); massa do fruto e da semente (MF e MS) em gramas (g). A deviance foi estimada pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML). Os coeficiente de repetibilidade e determinação e o número de medições necessárias foi realizado utilizando os métodos da REML, componentes principais via matriz de correlações e covariâncias e análise estrutural baseada nas matrizes de correlações e covariâncias. As estimativas dos coeficientes de repetibilidade e determinação de todas as variáveis analisadas são superiores a 0,78 e 98% respectivamente, para todas as metodologias testadas, realizando 25 medições. Para 95% de confiabilidade são necessárias 5 medições para as variáveis DLF, DEF, DLS, DES e MS e 4 medições para a variável MF. As metodologias utilizadas não diferem quanto à estimativa do coeficiente de repetibilidade para as variáveis DLF, DES, MF e MS, enquanto que para as demais variáveis as diferenças foram mínimas. Para a análise de identidade de modelos foram utilizadas sementes de 45 acessos sendo avaliado: germinação; índice de velocidade de germinação; tempo médio de germinação; primeira contagem de germinação e a porcentagem de germinação. Com base nos dados quantitativos foi calculada a matriz de distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e posteriormente os acessos foram agrupados pelo método de otimização de Tocher formando quatro grupos. Em cada grupo a germinação foi analisada via regressão não linear utilizando os modelos de Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Will Bill. O ajuste dos modelos foi avaliado pelo coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do resíduo (QMR), desvio médio absoluto (DMA), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano (BIC). O teste de identidade de modelos foi realizado pelo teste F. O modelo de Gompertz apresentou valores de β_1 , β_2 e β_3 intermediários aos demais modelos o que evita a sub ou super estimação destes parâmetros da regressão, além disso, este modelo apresenta os maiores valores de R^2 e os menores valores do QMR, DMA, AIC e BIC sendo o mais indicado para descrever o padrão de germinação. O teste de identidade de modelos foi não significativo e desta forma uma única regressão não é eficiente para descrever o processo germinativo. Os grupos três e quatro possuem os maiores valores da TG indicando um maior vigor e para produção de mudas o tempo ideal para o transplântio seria de 30 dias para os grupos um, dois e quatro e 22 dias para o grupo três. Para o estudo de diversidade genética foram utilizados os dados dos frutos dos 198 acessos utilizados na análise de repetibilidade. Neste caso foram avaliados os caracteres: massa de cem frutos (MCF) e massa de cem sementes (MCS) em gramas; rendimento em polpa (RP) em porcentagem; diâmetro do caule a 1,5 m do solo (D1,5), diâmetro do caule a 1,0 m do solo (D1,0) e diâmetro do caule a 0,5 m do solo (D0,5) em milímetros; número de cachos (NC); comprimento do cacho (CC) em centímetros; número de ráquias (NR); e altura até o cacho (AC) em metros. Com base nestes dados foi estimada a correlação genética, uma análise de componentes principais e análise de correspondência. A correlação genética entre os caracteres MCF x NR (0,44) é positiva. A característica NR é a principal determinante na variação da MCF e a seleção indireta poderá ser eficaz, dependendo de suas estimativas da herdabilidade. Os fragmentos GU3, AL4, JM1, MI1 e MQ1 oriundos de municípios diferentes são os que apresentam maior divergência genética interpopulacional entre os 20 fragmentos estudados. Os fragmentos GU2, GU3 e AL4 possuem indivíduos produtores de massa de cem frutos extragrandes (211,54 a 352,24 g) o que os tornam importantes fontes de seleção para utilização em programas de melhoramento genético da palmeira juçara visando a produção de polpa de fruta.

Palavras-chave: Biometria; *Euterpe edulis*; germinação; pré melhoramento; repetibilidade; diversidade

ABSTRACT

The species *Euterpe edulis* Martius is native to the Atlantic Forest and popularly known as jussara palm. It is a key species of the Atlantic Forest, producing fruits that are consumed by about 30 bird species and 13 mammal species, and also presenting great economic potential for exploitation of its fruit in the form of pulp, sweets and ice creams. Currently the jussara palm is on the official list of endangered species in Brazil. The objectives of this study were to: estimate the coefficient of repeatability and determination of the characteristics of fruits and seeds, analyze the number of measurements for a 95% confidence level and test different methods for estimation of repeatability, study the genetic diversity among accessions and evaluate the pattern of seed germination via the Logistic, Gompertz, von Bertalanffy and Will Bill nonlinear models, quantify the inter-population genetic diversity of the species based on the correlation between plant traits and related to fruit production. Collection of the jussara palm fruits was performed in 20 forest fragments in the following municipalities in the southern region of the state of Espírito Santo: Alegre (eight fragments), Guaçuí (four fragments), Ibitirama (three fragments), Jerônimo Monteiro (one fragment), Mimoso (three fragments) and Muqui (one fragment). For the study of repeatability 198 accessions were used, 25 fruits per plant, evaluating: longitudinal and equatorial diameter of the fruit and seed (DLF, DLS, DEF and DES) in millimeters (mm), and fruit and seed mass (MF and MS) in grams (g). Deviance was estimated by the restricted maximum likelihood (REML). The coefficient of repeatability and determination and the required number of measurements was determined using the REML methods, principal components via the correlation matrix, and covariances and structural analysis based on correlation and covariance matrices. Estimates of the repeatability coefficients and determination of all variables analyzed were greater than 0.78 and 98% respectively, for all tested methodologies, performing 25 measurements. For 95% reliability, 5 measurements are required for the variables DLF, DEF, DLS, DES and MS and 4 measurements for the variable MF. The methods used do not differ with respect to estimate of the repeatability coefficient for the variables DLF, DES, MF and MS, while for the other variables the differences were minimal. To analyze the identity of the models, seeds from 40 accessions were used to evaluate: germination, germination speed index, mean germination time, first germination count and the germination percentage. Based on the quantitative data the generalized Mahalanobis distance matrix (d^2) was calculate and later accessions were clustered by the Tocher optimization method divided into four groups. In each group germination was analyzed via non-linear regression using the Logistic, Gompertz, von Bertalanffy and Will Bill models. Fit of the models was evaluated by the determination coefficient (R^2), residual mean error (QMR), mean absolute deviation (MAD), Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC). The identity test of the models was performed by the F-test. The Gompertz model showed intermediary values of β_1 , β_2 and β_3 compared to other models which avoid under or over estimation of these regression parameters; in addition, this model presents the highest R^2 values and the lowest values of QMR, DMA, AIC and BIC, and is the most indicated to describe the pattern of germination. The identity test of the models was not significant and therefore a single regression is not efficient to describe the germination process. Groups three and four have the highest values of TG, indicating greater vigor, and for seedling production the ideal time for transplanting would be 30 days for groups one, two and 4, and 22 days for group three. For the study of genetic diversity, data from fruit of the 198 accessions utilized in the analysis of repeatability were used. In this case we evaluated the traits of: mass of one hundred fruits (MCF) and mass of one hundred seeds (MCS) in grams, pulp yield (RP) in percentage, stem diameter at 1.5 m above the ground (D1,5), stem diameter at 1.0 m above the ground (D1,0) and stem diameter at 0.5 m above the ground (D0,5) in millimeters, number of clusters (CN), cluster length (CC) in centimeters, number of rachilles (NR), and height of the cluster (AC) in meters. Based on these data the genetic correlation was estimated, and a principal components analysis and correspondence analysis were performed. Genetic correlation between the traits MCF x NR (0.44) is positive. The characteristic NR is the main determinant in variation of MCF and indirect selection can be effective, depending on estimates of heritability. The fragments GU3, AL4, JM1, MI1 and MQ1 from different municipalities are those that presented the greatest inter-population genetic divergence among the 20 fragments studied. The fragments GU2, GU3 and AL4 have exceptionally large individual producers regarding the mass of one hundred fruits (211.54 to 352.24 g) which make them important sources of selection for use in jussara palm breeding programs focused on the production of fruit pulp.

Keywords: Biometrics; *Euterpe edulis*; germination; pre breeding; repeatability; diversity

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Localização dos fragmentos florestais na região Sul e Caparaó do Espírito Santo.....	31
Tabela 2 – Análise de deviance (ANADEV) para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial da semente (DES), massa do fruto (MF) e massa da semente (MS), obtidos pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) para 198 acessos de <i>E. edulis</i>	37
Tabela 3 – Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (\hat{R}^2) e o cálculo do número de medições necessárias (η_0), utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita (REML), componentes principais via matrizes de correlações (CPC) e covariâncias (CPCV) e análise estrutural via matrizes de correções (AEC) e covariâncias (AECV) entre medidas repetidas para as características diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial da semente (DES), massa do fruto (MF) e massa da semente (MS). Medidas 25 vezes em 198 acessos de <i>E. edulis</i>	37
Tabela 4 – Modelos de regressão não-linear para descrever curvas de germinação em função do tempo.....	48
Tabela 5 – Agrupamento dos 45 acessos de palmeira juçara (<i>Euterpe edulis</i> Martius) pelo método de otimização de Tocher como base a matriz de distância generalizada de Mahalanobis.....	51
Tabela 6 – Estimativas dos parâmetros de ajuste dos modelos não-lineares e intervalo de confiança para os grupos quatro grupos de acessos de palmeira juçara.....	52
Tabela 7 – Estimativas dos avaliadores de qualidade de ajuste dos modelos não-lineares ajustados para os grupos 1, 2, 3 e 4.....	54
Tabela 8 – Estimativa do ponto de máximo (PM), taxa de germinação máxima (TG) e ponto de inflexão (PI) da curva de porcentagem de germinação em função do tempo para os 4 grupos de acessos de <i>E. edulis</i>	55

Tabela 9 – Testes de hipótese para a igualdade de parâmetros que possuem interpretação biológica.....	57
Tabela 10 – Matriz de Correlação Genética das características massa de cem frutos (MCF), massa de cem sementes (MCS), rendimento em polpa (RP), diâmetro a 1,5 m do solo (D1,5), diâmetro a 1,0 m do solo (D1,0), diâmetro a 0,5 m do solo (D0,5), número de cachos (NC), comprimento do cacho (CC), número de ráquias (NR) e altura até o cacho (AC) de 20 fragmentos de <i>Euterpe edulis</i>	69
Tabela 11 – Estimativa de efeitos diretos e indiretos das variáveis dependentes rendimento em polpa (RP) em porcentagem, diâmetro a 0,5 m do solo (D0,5) em centímetros, número de cachos (NC), comprimento do cacho (CC) em centímetros, número de ráquias (NR) e altura até o cacho (AC) em metros, sobre a variável principal massa de cem frutos (MCF) através da análise de trilha baseada nas correlações genéticas obtidas de 20 fragmentos de <i>Euterpe edulis</i>	70

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO.....	10
2.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 A PALMEIRA JUÇARA.....	12
2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA PALMEIRA JUÇARA.....	14
2.3 IMPACTO DO MANEJO DE POPULAÇÕES DE <i>Euterpe edulis</i> Martius.....	15
2.4 COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE E DE DETERMINAÇÃO.....	17
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
3.0 REPETIBILIDADE DE CARACTERÍSTICAS DO FRUTO E SEMENTE DA PALMEIRA JUÇARA.....	29
3.1 INTRODUÇÃO.....	29
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.3 RESULTADOS.....	37
3.4 DISCUSSÃO.....	39
3.5 CONCLUSÕES.....	41
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
4.0 IDENTIDADE DE MODELOS NÃO LINEARES PARA COMPARAR CURVAS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Euterpe edulis</i> Martius.....	45
4.1 INTRODUÇÃO.....	45
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.3 RESULTADOS.....	51
4.4 DISCUSSÃO.....	57
4.5 CONCLUSÕES.....	58

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
5.0 ANÁLISE DE TRILHA E DIVERSIDADE GENÉTICA DE <i>Euterpe edulis</i> MARTIUS PARA CARACTERES VEGETATIVOS E DE FRUTOS.....	62
5.1 INTRODUÇÃO.....	62
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
5.3 RESULTADOS.....	68
5.4 DISCUSSÃO.....	71
5.5 CONCLUSÕES.....	73
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

ANÁLISES BIOMÉTRICAS DE PALMEIRAS JUÇARA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

1.0 INTRODUÇÃO

A palmeira juçara é distribuída geograficamente do nordeste ao sul do Brasil e está presente em vários ecossistemas da Mata Atlântica (REIS et al., 2000a). Seu uso é relatado desde o período pré-colonial (SCHEEL-YBERT et al., 2010) existindo referências da aplicação no início da colonização portuguesa (FILGUERAS et al., 2002). A palmeira juçara possui uma grande importância ecológica (GATTI et al., 2011) pois é a espécie mais abundante na Mata Atlântica, equivalente a 20% dos indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) maior que 4,8 cm em áreas conservadas (BRANCALION et al., 2012). Seus frutos são consumidos por cerca de 30 espécies de aves e 13 espécies de mamíferos (FADINI et al., 2009) produzidos durante seis meses no ano. Cada planta adulta produz de 8 a 10 mil sementes anuais, além de frutos verdes e plântulas para alimentação de herbívoros (REIS, 1995).

A palmeira juçara é monocaule e não rebrota após o corte do meristema apical o que provoca a morte da planta após a extração do palmito (DORNELES et al., 2013). A exploração intensiva da espécie ocorre desde 1960 o que provocou a eliminação de várias populações naturais e alterações nas restantes (GALETTI e FERNANDEZ, 1998). O extrativismo do palmito deve-se ao seu potencial na alimentação, utilizado no Brasil e também na culinária internacional (SOUZA, 2010). Atualmente as populações naturais da palmeira juçara estão fragmentadas com sua área reduzida (REIS et al., 2000b), estando presente na lista oficial das espécies ameaçadas de extinção no Brasil (BRASIL, 2008). Essa ameaça deve-se principalmente à intensificação da prática clandestina da extração do palmito (REIS et al., 2000a) e à perda de hábitat pela devastação das florestas tropicais (FOLEY et al., 2005).

No estudo de uma espécie é relevante analisar sua ontogenia, que descreve os estádios de desenvolvimento de um organismo desde sua origem, senescência e morte. Para a espécie *Euterpe edulis* Martius a primeira classificação ontológica foi feita por Silva (1991) seguido

por Reis et al. (1996). Baseado nos trabalhos destes autores Silva et al. (2009) definiram seis fases de desenvolvimento da espécie: plântula, jovem I, jovem II, imaturo I, imaturo II e adulto. Comparando a descrição destes pesquisadores com observações de campo realizadas na região sul do Espírito Santo e o Caparaó, observa-se que as populações destas localidades não são adequadamente descritas pelas metodologias propostas sendo necessários estudos adicionais para uma caracterização adequada dos indivíduos presentes nas populações naturais. As relações entre órgãos vegetais formados e a altura dos indivíduos não se mostrou adequada para as populações no sul do ES e Caparaó. Portanto a espécie *Euterpe edulis* Martius apresenta-se como um vasto campo de estudo da biologia e agronomia.

Estudos com a palmeira juçara são incipientes quando comparados com o vasto conhecimento acerca de outras espécies com maior importância para o agronegócio brasileiro. Visando a aplicação em programas de melhoramento de plantas é necessário dados acerca da biometria da espécie, seu desenvolvimento vegetativo, frutificação, padrão de germinação e outros que dêem subsídio a programas de seleção como coeficiente de repetibilidade e determinação.

O objetivo deste trabalho foi analisar os seguintes parâmetros biométricos da palmeira juçara:

1. Estimar o coeficiente de repetibilidade e de determinação de características dos frutos e das sementes;
2. Predizer o número adequado de medições de características do fruto e da sementes para um nível de confiança de pelo menos 95%;
3. Testar diferentes metodologias de estimação do coeficiente de repetibilidade e se estas são concordantes;
4. Estudar a diversidade genética entre os acessos de palmeira juçara em estudo;
5. Estudar a diversidade entre as populações de palmeira juçara presentes nos fragmentos florestais
6. Avaliar o padrão de germinação das sementes via modelos não lineares Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Will Bill e determinar aquele que melhor se ajusta aos dados de germinação;
7. Aplicar o teste de identidade de modelos para verificar se uma regressão aplica-se a todos os grupos de acesso de palmeira juçara;

8. Identificar o ponto de máxima germinação das sementes da palmeira juçara em função do tempo;
9. Quantificar a diversidade genética interpopulacional da espécie baseada na correlação entre caracteres vegetativos e relacionados à produção de frutos.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A PALMEIRA JUÇARA

A espécie *Euterpe edulis* Martius na sinonímia científica é descrita como *Euterpe egusquizae* Bertoni ex Hauman (LORENZI et al., 1996). Pertence à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, subclasse Arecidae, ordem Arecales, subfamília Arecoideae e família Arecaceae (SOUZA, 2010). A família Arecaceae pertence ao grupo das monocotiledôneas, as plantas mais antigas do planeta (DRANSFIELD et al., 2008). A família é representada por cerca de 2.522 a 2.700 espécies distribuídas entre 240 a 252 gêneros (DRANSFIELD et al., 2008; LORENZI et al., 2010). As palmeiras são as grandes representantes das florestas tropicais devendo ser destacado que a palmeira juçara é uma grande representante da Mata Atlântica.

Atualmente são reconhecidos 50 gêneros e 437 espécies de palmeiras na América do Sul (DRANSFIELD et al., 2008) sendo que no Brasil o número de espécies e gêneros da família Arecaceae variam entre 269 a 270 e 37 a 39 respectivamente (LORENZI et al., 2010). O número de espécies do gênero *Euterpe* no Brasil não está bem definido, sendo necessárias revisões (LIMA, 2012). No Brasil é destacada a presença das espécies *Euterpe edulis* Martius (palmeira juçara), *Euterpe caatinga* Wallace (açazinho), *Euterpe oleracea* Martius (açazeiro), *Euterpe longibracteata* Barb. Rodr. (açai da terra firme), *Euterpe precatoria* Martius (açazeiro) e *Euterpe espirosantensis* Fernandes (palmito-vermelho) (FADDEN, 2005).

A espécie *Euterpe edulis* Martius é encontrada na Floresta Ombrófila Densa do bioma Mata Atlântica (LIMA, 2012). A distribuição geográfica engloba os estados do Rio Grande do

Norte, Paraíba, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além do nordeste da Argentina e sudoeste do Paraguai, em florestas tropicais do nível do mar até 1000 metros de altitude (FADDEN, 2005).

A palmeira juçara é não estolonífera, com estipe reto e cilíndrico, geralmente com diâmetros a altura do peito (DAP) de 10 a 15 cm e 20 a 25 m de altura quando adulta, além de oito a 15 folhas pinadas com cerca de um a 1,5 metros de comprimento (MOREIRA, 2013). O crescimento é lento e seu ciclo de vida longo, levando entre seis e oito anos após a germinação para iniciar o florescimento (TSUKAMOTO FILHO, 1999). Contudo, apesar das considerações destes autores, expedições de campo realizadas na região sul do estado do Espírito Santo evidenciaram palmeiras adultas da espécie *Euterpe edulis* Martius com altura superior a 25 m e algumas com floração antes de seis anos de idade. O que demonstra a necessidade de mais estudos quanto a anatomia, fisiologia e fenologia da espécie.

A inflorescência da palmeira juçara é uma panícula tendo a ráquis de até 70 cm de comprimento e ráquias com flores em tríade, uma flor feminina e duas masculinas (REITZ, 1974; HENDERSON, 2000). A polinização ocorre por abelhas, vespas, moscas e besouros (MANTOVANI e MORELLATO, 2000a). A palmeira juçara produz mais de 300.000 frutos $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ durante um período de seis meses (FISCH et al., 2000; MANTOVANI e MORELLATO, 2000a). Cada planta produz em média três inflorescências por ano (TSUKAMOTO FILHO, 1999), que podem produzir até 3000 frutos (BOVI e DIAS, 1986). Os frutos são drupáceos, esféricos, de cor quase preta ou negro-vinosa quando maduros, mesocarpo carnoso, unisseminado, com embrião lateral e com albume abundante (REITZ, 1974; HENDERSON, 2000; QUEIROZ, 2000; SOUZA, 2010).

A propagação das palmeiras é seminífera (TAVARES et al., 2008). A germinação é lenta, desuniforme e frequentemente de baixa porcentagem. As sementes perdem rapidamente o poder germinativo após atingirem o ponto de maturidade fisiológica, não tolerando armazenamento por longo tempo (BOVI e CARDOSO, 1978; LORENZI, 1996). A palmeira juçara mantém um banco de plântulas de 12 a 20 mil unidades por hectare para sobrevivência da espécie (CONTE et al., 2000). O endosperma das sementes garante a sobrevivência das plântulas até o surgimento da terceira folha fotossintetizante, cerca de seis meses após a embebição (SILVA, 1991).

Como mecanismo de reprodução a germinação das sementes das palmeiras é do tipo hipógea, pois a folha cotiledonar não emerge do solo (SOUZA, 2010). A monoícia é normal em palmeiras, sendo a separação temporal da antese o mecanismo mais comum para evitar autofecundação (HENDERSON, 1986). A distribuição das sementes da palmeira juçara é leptocúrtica com uma grande densidade de sementes próximas à planta mãe e a redução destas com o aumento da distância da planta matriz (JAZEN, 1970; CONNEL, 1971; REIS e KAGEYAMA, 2000). O fluxo gênico da espécie é garantido pela fauna, que se alimenta dos frutos. Os animais que defecam as sementes são dispersores menos eficientes do que aqueles que as regurgitam, como os tucanos (PIZO e SIMÃO, 2001), pois as fezes apresentam um efeito negativo na germinação (PIZO e SIMÃO, 2001; LEITE et al., 2012).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA PALMEIRA JUÇARA

O palmito é um dos recursos florestais não madeiros (RFNM) de grande impacto econômico no Brasil sendo explorado comercialmente em agroindústrias. Diversas palmeiras produzem palmitos comestíveis, contudo as espécies *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius são as maiores produtoras nacionais (SHIMIZU et al., 2011). A palmeira juçara por ser monocaule e não rebrota após o corte é muito vulnerável a extração do palmito, sendo que a exploração excessiva quase levou a espécie a extinção. A palmeira açáí por ser multicaule com capacidade de perfilhamento apresentou uma resistência maior para evitar sua extinção.

O Equador é o maior exportador de palmito do mundo seguido pela Costa Rica e Brasil, sendo que os dois primeiros exportam principalmente palmito pupunha (*Bactris gasipaes*), enquanto que o Brasil quase que exclusivamente palmito açáí (CLEMENTE, 2008). Apesar do Brasil ser o maior produtor e consumidor de palmito do mundo este não é o maior exportador, o palmito nacional apresenta baixa qualidade e é um produto não ecológico devido ao corte de palmeiras nativas (SOUSA et al., 2011).

A palmeira juçara apresenta outros usos além da produção de palmito: o estipe novo para fabricação de vassouras com suas fibras; estipe maduro para fabricação de caibros e ripas para construção; folhas usadas como coberturas temporárias e forrageio; os frutos fornecem

uma polpa semelhante ao da palmeira açai *Euterpe oleracea* Martius (LIMA, 2012). A polpa dos frutos da palmeira juçara apresenta altos níveis de minerais essenciais, compostos antioxidantes e óleos de alta qualidade nutricional, características que o tornam ideal para programas de alimentação escolar, contribuindo para o excelente desenvolvimento dos alunos (SILVA et al., 2013).

2.3 IMPACTO DO MANEJO DE POPULAÇÕES DE *Euterpe edulis* Martius

As populações naturais da espécie *Euterpe edulis* Martius possuem uma estrutura demográfica piramidal com uma grande base de plantas jovens e um pequeno número de indivíduos reprodutivos no topo (REIS et al., 2000a; NODARI et al., 2000). Os indivíduos reprodutivos são importantes para a manutenção da diversidade, estrutura genética e composição demográfica da população (CONTE, 2004). A espécie é monóica com flores fortemente protândricas polinizadas por insetos (MANTOVANI e MORELLATO 2000b). Pesquisas com marcadores isoenzimáticos utilizando populações naturais têm demonstrado altos valores de polinização cruzada e fluxo gênico além de elevados níveis de variabilidade genética dentro das populações e baixa divergência genética entre populações (REIS et al., 2000c; CONTE et al., 2003; GAIOTTO et al., 2003).

A extração da palmeira juçara provoca alterações no tamanho das populações, bem como na distribuição espacial dos indivíduos dentro destas (BAWA e KRUGMAN, 1990; MURAWSKI, 1995). Essas alterações podem provocar efeitos negativos sobre a estrutura genética tais como a perda de alelos raros, o aumento da endogamia e redução da aptidão das gerações subsequentes (MURAWSKI et al., 1994;. SEBBENN et al., 2000). Além disso, uma forte redução no tamanho da população pode levar a deriva genética, o que pode resultar na fixação de alelos e o aumento da endogamia dentro das populações (ELLSTRAND e ELAM, 1993;. ALVAREZ-BUYLLA et al., 1996). Em geral, essas consequências são mais extremas nos grupos etários mais jovens das populações (MURAWSKI et al., 1994; ALDRICH et al., 1998; SEBBENN et al., 2000).

Conte et al. (2006) avaliaram quatro populações naturais da espécie *Euterpe edulis* Martius, duas seguindo o manejo tradicional e duas o manejo proposto por Reis et al. (2000a), verificando um aumento no nível de endogamia dos indivíduos mais jovens das populações.

Comprovando que acasalamentos não aleatórios estão ocorrendo nestas populações. Este processo, ainda que incipiente, pode elevar ainda mais os níveis de endogamia e provocar mudanças na estrutura genética das populações em gerações futuras não muito distantes.

O sistema de manejo das populações naturais tem relação direta com a estrutura genética populacional das mesmas. Reis et al. (2000a) propuseram um sistema de manejo para a palmeira juçara baseado em três parâmetros: distribuição da população segundo o DAP; as taxas de crescimento; o número de plantas adultas por hectare. Seguindo estes parâmetros apenas os indivíduos com mais de 9 cm de DAP são colhidos, com a manutenção de pelo menos 50 indivíduos reprodutivos por hectare. O sistema tradicional preconiza a colheita da maioria dos indivíduos adultos, permanecendo poucas plantas reprodutivas ou até mesmo nenhuma (CONTE et al., 2006).

O manejo das populações naturais da palmeira juçara exige muito estudo e a escassez de informações limita a gestão sustentável das florestas tropicais, mesmo que as comunidades locais explorem apenas RFNM (BELCHER et al., 2005; KAR e JACOBSON, 2012; ZENTENO et al., 2013). Apesar do crescente conhecimento sobre as consequências ecológicas da exploração de RFNM (TICKTIN, 2004) a extração excessiva ainda é uma preocupação relevante para a gestão florestal e conservação da biodiversidade (TICKTIN et al., 2002; PERES, 2010; FERNANDEZ et al., 2012).

A redução do número de plantas adultas da palmeira juçara afeta a regeneração da Mata Atlântica, pois neste bioma mais de 80 % das espécies de árvores têm as sementes dispersas por frugívoros vertebrados (ALMEIDA-NETO et al., 2008). Desta forma o manejo das populações naturais de palmeira juçara afeta não só a própria espécie, mas também as demais que necessitam de agentes dispersores de sementes para garantir o fluxo gênico.

Muler et al. (2014) observaram que a colheita do palmito da palmeira juçara em florestas naturais provocou uma redução no fluxo de sementes das espécies dependentes de agentes dispersores. Isto afeta a dinâmica de regeneração da Mata Atlântica, devido a mudanças na estrutura da floresta e na interferência da atividade dos agentes dispersores de sementes. Galetti et al. (2013) relataram que a extinção de aves de grande porte (jacus, tucanos, gralhas, jacutingas) interfere no fluxo gênico. A extinção da fauna afeta o desenvolvimento da palmeira assim como a extinção da palmeira afeta a fauna (MOREIRA, 2013). Galetti e Aleixo (1998) afirmaram que a exploração do palmito reduz a abundância

de duas espécies de pássaros frugívoros de grande porte que se alimentam dos frutos da palmeira juçara.

O grande potencial econômico da palmeira juçara é desconhecido por parte dos pequenos agricultores, sendo considerado por alguns como uma espécie desagradável, pela impossibilidade de corte e a grande atratividade de pássaros às lavouras de feijão, milho e café arábica e conilon. Poucos sabem que os frutos da palmeira juçara são comumente consumidos na forma de bebidas, sorvetes e doces (BORGES et al., 2011). Gerações de pequenos agricultores utilizaram a espécie apenas para extração do palmito e com as atuais restrições legais quanto ao corte a palmeira juçara vem sendo abandonada no sul do estado do Espírito Santo e Caparaó, sendo preferido pelos agricultores o plantio da palmeira açá e a palmeira pupunha.

O verdadeiro potencial agrícola da espécie *Euterpe edulis* Martius advém da utilização dos frutos que ganharam a aceitação de pequenas agroindústrias pioneiras na fabricação da polpa dos frutos da palmeira juçara. O valor nutricional dos frutos da palmeira juçara é relevante para nichos de mercado como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) ou o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) da Conab. Contudo a utilização dos frutos ocorre de forma extrativista com o aproveitamento de palmeiras juçara presentes em fragmentos de Mata Atlântica sem a realização de plantios com critérios fitotécnicos.

A espécie *Euterpe edulis* Martius pode ser considerada como uma ampla área de pesquisa para ciências agrárias, em especial para o melhoramento de plantas. A utilização dos frutos de forma econômica só será possível se o conhecimento científico e a conscientização dos agricultores crescerem lado a lado, em prol da conservação da espécie e sua aplicação econômica.

2.4 COEFICIENTE DE REPETIBILIDADE E DE DETERMINAÇÃO

A seleção representa uma das etapas mais importantes do melhoramento de plantas, pois nesta serão mantidos os indivíduos desejados ou eliminados os indesejados. A seleção pode ser realizada com base no fenótipo dos indivíduos, marcadores moleculares ou experimentos de campo. O modelo básico para o estudo dos caracteres quantitativos é

$F = G + M + GM$, ou seja, o fenótipo observado em um indivíduo é o resultado da ação do genótipo (G), sob influencia do meio (M) e a interação do genótipo com o ambiente (GM) (CRUZ, 2005).

Durante o processo de seleção surge outra questão a ser respondida pelo melhorista: Qual a capacidade do organismo em repetir a expressão do caráter em estudo? Ao escolhermos um genótipo espera-se que a sua superioridade perdure por toda a sua vida e que o bom desempenho manifestado em certas estruturas demonstre o potencial do genótipo como um todo (CRUZ e REGAZZI, 1997). O coeficiente de repetibilidade pode avaliar esta expectativa do pesquisador.

O coeficiente de repetibilidade mede a capacidade dos organismos em repetir a expressão do caráter no tempo ou no espaço (RESENDE, 2002). Este coeficiente é aplicado na predição de valores genéticos e genotípicos dos indivíduos e no estudo do aumento da eficiência seletiva com o aumento do número de avaliações por indivíduo (RESENDE, 2002). Pode-se analisar estatisticamente a repetibilidade segundo o modelo abaixo (CRUZ e REGAZZI, 1997), considerando um i-ésimo indivíduo no j-ésimo tempo:

$$Y_{ij} = \mu + (G + E_p + GE_p)_i + (E_t + GE_t)_{ij} \quad (I)$$

Onde:

Y_{ij} : valor fenotípico da característica no i-ésimo indivíduo no j-ésimo tempo;

μ : média geral;

G_i : efeito genotípico da característica do i-ésimo indivíduo;

$(E_p + GE_p)_i$: efeito permanente do meio sobre a característica no i-ésimo indivíduo;

$(E_t + GE_t)_{ij}$: efeito temporário, ou localizado, do j-ésimo ambiente sobre o i-ésimo indivíduo;

Podemos reduzir o modelo considerando, portanto, que o fenótipo de um indivíduo é o resultado de um efeito permanente p e um temporário ϵ :

$$p_i = (G + E_p + GE_p)_i$$

$$\varepsilon_{ij} = (E_t + GE_t)_{ij}$$

Desta forma o modelo fica reduzido a:

$$Y_{ij} = \mu + p_i + \varepsilon_{ij} \text{ (II)}$$

Com base neste modelo podemos conceituar a repetibilidade (ρ) pela equação:

$$\rho = \frac{Cov(Y_{ij}, Y_{ij'})}{\sqrt{[V(Y_{ij})V(Y_{ij'})]}} = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_Y^2} \text{ (III)}$$

Sendo assim a repetibilidade expressa a proporção da variância fenotípica total que é atribuída pelas variações proporcionadas pelo genótipo e pelo efeito do ambiente comum.

Por serem obtidas medidas repetidas do caráter a variância fenotípica da população pode ser dividida em dois componentes:

$$\begin{aligned} \sigma_Y^2 &= \sigma_p^2 + \sigma_\varepsilon^2 \\ \sigma_p^2 &= \sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2 \\ \sigma_\varepsilon^2 &= \sigma_{et/g}^2 \end{aligned}$$

Variância dentro de indivíduos (σ_ε^2) e a variância entre (σ_p^2) indivíduos. A variância dentro demonstra as variações entre desempenhos sucessivos do mesmo indivíduo, devido as diferenças temporárias de ambiente (repetibilidade no tempo) ou por diferenças localizadas (repetibilidade no espaço). A variância entre indivíduos mede as diferenças permanentes entre eles, onde o efeito genotípico é confundido com o ambiental. Portanto a repetibilidade pode ser dada por:

$$\rho = \frac{\sigma_g^2 + \sigma_{ep/g}^2}{\sigma_Y^2} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_Y^2} + \frac{\sigma_{ep/g}^2}{\sigma_Y^2} = h^2 + \frac{\sigma_{ep/g}^2}{\sigma_Y^2}$$

A repetibilidade representa o maior valor que a herdabilidade no sentido amplo pode atingir.

Uma condição essencial para o modelo de repetibilidade é que as medidas repetidas tenham correlação genética igual a 1 (RESENDE, 2002), caso contrário as considerações anteriores não são válidas (CRUZ e REGAZZI, 1997).

A aplicação direta da repetibilidade é a possibilidade de calcular quantas medições são necessárias em cada indivíduo para que a seleção fenotípica seja realizada com eficiência e o mínimo de custo. Quando a repetibilidade é alta o aumento do número de medições implica em pouco acréscimo de precisão e quando esta é baixa o aumento das medidas repetidas resulta num acréscimo expressivo de ganho de precisão (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Com o coeficiente de repetibilidade obtém-se dois parâmetros importantes para predição do valor real dos indivíduos: Coeficiente de determinação (R^2), ou precisão experimental; Número de medições necessárias (n_0) para obtenção de um determinado R^2 .

$$R^2 = \frac{n\rho}{1 + \rho(n-1)} \qquad n_0 = \frac{R^2(1-\rho)}{(1-R^2)\rho}$$

No melhoramento genético de plantas perenes não só a determinação da variabilidade, mas também as estimativas das repetibilidades das características são importantes para a concepção do programa, pois permitem verificar se a superioridade de alguns genótipos são mantidas ao longo dos anos, ou se era devido a alguma condição ambiental transitória (LAVIOLA et al., 2013). A repetibilidade varia em virtude da natureza da característica, das propriedades genéticas da população e das condições ambientais em que os indivíduos são mantidos (CRUZ et al., 2005). Benin et al., (2014) avaliaram a produtividade de genótipos de trigo em quatro locais de valor de cultivo e uso, utilizando dados de 285 ensaios de competição de cultivares, encontrando diferentes valores de repetibilidade para cada local, mostrando a necessidade de um número diferente de safras de avaliação para que este obtenham uma precisão de 80%. Estes resultados foram devido as diferenças genéticas entre os genótipos, a interação do genótipo com o ambiente e as diferenças entre os ambientes.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRICH, P.; HAMRICK, J. L. Reproductive dominance of pasture trees in a fragmented tropical mosaic. **Science**, Washington, v.281, p. 103-105, 1998.

ALMEIDA-NETO, M.; CAMPASSI, F.; GALETTI, M.; JORDANO, P.; OLIVEIRA-FILHO, A. Vertebrate dispersal syndromes along the Atlantic forest: broad-scale patterns and macroecological correlates. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, p. 503-513, 2008.

ALVAREZ-BUYLLA, E. R.; GARCÍA-BARRIOS, R.; LARA-MORENO, C.; MARTÍNEZ-RAMOS, M. Demographic and genetic models in conservation biology: applications and perspectives for tropical rain forest tree species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.27, p.387-421, 1996.

BAWA, K.S.; KRUGMAN, S.L. Reproductive biology and genetics of tropical trees in relation to conservation and management. In: GOMES-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (Ed.) **Rain forest regeneration and management**. Paris: UNESCO, p.119-136, 1990.

BELCHER, B.; RUÍZ-PÉREZ, M.; ACHDIAWAN, R. Global patterns and trends in the use and management of commercial NTFPs: Implications for livelihoods and conservation. **World Development**, v. 33, p. 1435–1452, 2005.

BENIN, G.; STORCK, L.; MARCHIORO, V.S.; FRANCO, F.A.; TREVIZAN, D.M. Número ótimo de ensaios de competição de trigo em diferentes regiões de adaptação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 247-252, 2014.

BORGES, G. S. C.; VIEIRA, F. G. K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L. V.; ZAMBIAZI, R. C.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidante capacity of juçara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in Southern Brazil. **Food Research International**, Kidlington, v. 44, p. 2128-2133, 2011.

BOVI, M. L. A.; DIAS, D. S. Biologia floral do palmitheiro (*Euterpe edulis* Mart.). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 37., 1986, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 1986. p. 33.

BRANCALION, P. H. S.; VIANI, R. A. G.; ARONSON, J.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Improving planting stocks for the Brazilian Atlantic forest restoration through community-based seed harvesting strategies. **Restoration Ecology**, v. 20, p. 704-711, 2012.

BRASIL. Instrução Normativa N° 6 de 23 de setembro de 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 de set. 2008. Seção 1, n. 185, p. 75-83.

CLEMENT, C. R. Peach palms (*Bactris gasipaes*). In: JANICK, J.; PAULL, R. E. **The Encyclopedia of Fruits and Nuts**. Wallingford: CABI Publishing, 2008, p. 93-101.

CONNEL, J. H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and rain forest trees. In: BOER, P.J.; GRADWILL, G.R. **Dynamics of Populations**. Wageningen: Center for Agricultural Publication and Documentation, 1971, p. 298-312.

CONTE, R. **Estrutura genética de populações de *Euterpe edulis* Mart. submetidas à ação antrópica utilizando marcadores alozímicos e microssatélites**. 2004. 124 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CONTE, R.; NODARI, R.O.; VENCOVSKY, R.; REIS, M.S. Genetic diversity and recruitment of the tropical palm, *Euterpe edulis* Mart., in a natural population from the Brazilian Atlantic Forest. **Heredity**, London, v. 91, n. 4, p. 401-406, 2003.

CONTE, R.; REIS, A.; MANTOVANI, A.; MARIOT, A.; FANTINI, A.C.; NODARI, R.O.; REIS, M.S. Dinâmica da regeneração natural de *Euterpe edulis* Martius (Palmae) na Floresta Ombrófila Densa da Encosta Atlântica. In: REIS, M.S.; REIS, A. ***Euterpe edulis* Martius: biologia, conservação e manejo sustentado**. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000, p. 106-130.

CONTE, R.; REIS, M. S.; VENCOVSKY, R. Effects of management on the genetic structure of *Euterpe edulis* Mart. populations based on microsatellites. **Scientia Forestalis**, n. 72, p. 81-88, 2006.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 394 p., 2005.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Ed. UFV, vol. 1, 390 p., 1997

DORNELES, L. L.; ZILLIKENS, A.; STEINER, J.; PADILHA, M. T. S. Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (*Arecaceae*) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina. **IHERINGIA, Sér. Bot.**, Porto Alegre, v. 68, n. 1, p. 47-57, 2013.

DRANSFIELD, J.; UHL, N. W.; ASMUSSEN, C. B.; BAKER, W. J.; HALEY, M. M.; LEWIS, C. E. **Genera Palmarum: The Evolution and Classification of Palms**. Royal Botanical Gardens Kew: Kew Publishing, 2008, 744 p.

ELLSTRAND, N. C.; ELAM, D. R. Population genetic consequences of small population size: Implications for plant conservation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 24, p. 217-242, 1993.

FADDEN, J. M. **A produção de açaí a partir do processamento dos frutos do palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius) na Mata Atlântica**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FADINI, R. F.; FLEURY, M.; DONATTI, C. I.; GALETTI, M. Effects of frugivore impoverishment and seed predators on the recruitment of a keystone palm. **Acta Oecologica**, v. 35, p. 188-196, 2009.

FERNANDEZ, F. A. S.; ANTUNES, P.; MACEDO, L. M.; ZUCCO, C. A. How Sustainable Is The Use of Natural Resources in Brazil ? **Natureza & Conservação**, v. 10, p. 77-82, 2012.

FILGUERAS, T. S.; PEIXOTO, A. L. Flora e vegetação do Brasil na Carta de Pero Vaz de Caminha. **Acta botanica brasílica**, v. 16, n. 3, p. 263-272, 2002.

FISCH, S.T. V.; NOGUEIRA JR, L.R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na Mata Atlântica (Reserva Ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba). **Revista Biociências**, Taubaté, SP, v. 6, n. 2, p. 31-37, 2000.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

GAIOTTO, F. A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOVSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in heart of palm (*Euterpe edulis* Mart). **Journal of Heredity**, v. 94, p. 399-406, 2003.

GALETTI, M.; ALEIXO, A. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 35, p. 286-293, 1998.

GALETTI, M.; FERNANDEZ, J. C. Palm heart harvesting in the Brazilian Atlantic forest: changes in industry structure and the illegal trade. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 35, p. 294-301, 1998.

GALETTI, M.; GUEVARA, R.; CÔRTEZ, M. C.; FADINI, R.; VON MATTER, S.; LEITE, A. B.; LABECCA, F.; RIBEIRO, T.; CARVALHO, C. S.; COLLEVATTI, R. G.; PIRES, M. M.; GUIMARÃES JUNIOR, P. R.; BRANCALION, P. H.; RIBEIRO, M. C.; JORDANO, P. Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. **Science**, v. 340, p. 1086-1090, 2013.

GATTI, M. G.; CAMPANELLO, P. I.; GOLDSTEIN, G. Growth and leaf production in the tropical palm *Euterpe edulis*: Light conditions versus developmental constraints. **Flora**, v. 206, p. 742-748, 2011.

HENDERSON, A. A review of pollination studies in the Palmae. **The Botanical Review**, v. 52, p. 221-259, 1986.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M. S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius: biologia, conservação e manejo sustentado. Itajaí - SC: Herbário Barbosa Rodrigues, p.1-22, 2000.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, Chicago, v. 104, n. 904, p. 501-528, 1970.

KAR, S. P.; JACOBSON, M. G. NTFP income contribution to household economy and related socio-economic factors: Lessons from Bangladesh. **Forest Policy and Economics**, v. 14, p. 136-142, 2012.

LAVIOLA, B.G.; OLIVEIRA, A.M.C.; BHERING, L.L.; ALVESA, A.A.; ROCHA, R.B.; GOMES, B.E.L.; CRUZ, C.D. Estimates of repeatability coefficients and selection gains in *Jatropha indicata* that higher cumulative genetic gains can be obtained byrelaxing the degree of certainty in predicting the best families. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 70-76, 2013.

LEITE, A. B.; BRANCALION, P. H. S.; GUEVRARA, R.; GALETTI, M. Differential seed germination of a keystone palm (*Euterpe edulis*) dispersed by avian frugivores. **Journal of Tropical Ecology**, v. 28, p. 615-618, 2012.

- LIMA, C.P. **Estudo fitoquímico, bromatológico e das propriedades biológicas de Frutos de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae)**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil: exóticas ou nativas**. Nova Odessa: Plantarum, 303 p., 1996.
- LORENZI, H.; NOBLICK, L. R.; KAHN, F.; FERREIRA, E. **Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa, SP : Instituto Plantarum. 385 p. 2010.
- MANTOVANI A.; MORELLATO L.P.C. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p. 23-38, 2000b.
- MANTOVANI, A.; MORELLATO, L.P. C. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral do palmitreiro. **In *Euterpe edulis* Martius - (Palmitreiro) biologia, conservação e manejo**. Itajaí, Santa Catarina: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000a.
- MOREIRA, A.B. **Mensuração da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.) como subsídio para o manejo da produção de frutos**. 2013 Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.
- MOREIRA, A.B. **Mensuração da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.) como subsídio para o manejo da produção de frutos**. 2013 Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.
- MULER, A. E.; ROTHER, D. C.; BRANCALION, P. S.; NAVES, R. P.; RODRIGUES, R. R.; PIZO, M. A. Can overharvesting of a non-timber-forest-product change the regeneration dynamics of a tropical rainforest? The case study of *Euterpe edulis*. **Forest Ecology and Management**, v. 324, p. 117-125, 2014.
- MURAWSKI, D. A. Reproductive biology and genetics of tropical trees from canopy perspective. In: LOWMAN, M. D.; NADKARNI, N. M. **Forest canopies**. New York: Academic Press, p.457-493, 1995.
- MURAWSKI, D. A.; DAYANANDAN, S.; BAWA, K. S. Outcrossing rates of two endemic shorea species from Sri Lankan tropical rain forest. **Biotropica**, Washington, v. 26, n. 1, p. 23-29, 1994.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P.; REIS, M. S. Conservação do palmitheiro (*Euterpe edulis* Martius). In: REIS, M.S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius – **Biologia, conservação e manejo sustentado**. Itajaí - SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000, p.304-323.

PERES, C. A. **Overexploitation**. Oxford: University Press, 2010.

PIZO, M. A.; SIMÃO, I. Seed deposition patterns and the survival of seeds and seedlings of the palm *Euterpe edulis*. **Acta Oecologica**, v. 22, p. 229-233, 2001.

QUEIROZ, M. H. Biologia do fruto, da semente e da germinação do palmitheiro *Euterpe edulis* Martius - Arecaceae. In: REIS, M. S.; REIS, A. *Euterpe edulis* Martius – **Biologia, conservação e manejo sustentado**. Itajaí,SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000, p. 39-59.

REIS, A. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius - (Palmae) em uma floresta ombrófila densa montana da encosta atlântica em Blumenau, SC**. 1995. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

REIS, A. et al. Demografia de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em uma floresta ombrófila densa montana, em Blumenau (SC). **Sellowia**, Itajaí, v. 37, n. 5, p. 45-48, 1996.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes do palmitheiro. **Sellowia**, n. 49-52, p. 60-92, 2000.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes do palmitheiro. **Sellowia**, n. 49-52, p. 60-92, 2000.

REIS, M. S.; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; REIS, A.; GUERRA, M. P.; MANTOVANI, A. Management and conservation of natural populations in Atlantic Rain Forest: the case study of palm heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotropica**, Washington, v. 32, p. 894-902, 2000a.

REIS, M. S.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O.; REIS, A.; RIBEIRO, R.J. Distribuição geográfica e situação atual das populações na área de ocorrência de *Euterpe edulis* Martius. **Sellowia**, Itajaí, v. 49, n. 52, p. 324-335, 2000b.

REIS, M. S.; KAGEYAMA, P. Y.; GUIMARÃES, E.; NODARI, R. O.; FANTINI, A. C.; MANTOVANI, A.; VENCOVSKY, R. Variação genética em populações naturais de *Euterpe edulis* Martius na Floresta Ombrófila Densa. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p. 131-149, 2000c.

REITZ, R. Palmeiras. In: **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí - SC: Herbário Barbosa Rodrigues, Fasc. 22, 1974, p. 99-106.

RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: p. 975, 2002.

SCHEEL-YBERT, R.; CAROMARO, C. F.; CASCON L. M.; BIANCHINI, G. F.; BEAUCLAIR, M. Estudos de paleoetnobotânica, paleoambiente e paisagem na Amazônia Central e o exemplo do sudeste-sul do Brasil. In: **Arqueologia Amazônica**. 2. ed. Edited by Pereira E, Guapindaia VB. Brasil: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2010, p. 909-935.

SEBBENN, A. M.; SEOANE, C. E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCOVSKY, R. Effects of the management on the genetic structure of caixeta (*Tabebuia cassinoides*) populations. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 127-143, 2000.

SHIMIZU, M. M.; MELO, G. A.; SANTOS, A. B.; BOTTCHEER, A.; CESARINO, I; ARAÚJO, P.; MOURA, J. C. M. S.; MAZZAFERA, P. Enzyme characterisation, isolation and cDNA cloning of polyphenol oxidase in the hearts of palm of three commercially important species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 970-977, 2011.

SILVA, D. M. **Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis* Mart. (Aracaceae) em mata mesófila semidecídua no município de Campinas**. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

SILVA, D. M. **Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis* Mart. (Aracaceae) em mata mesófila semidecídua no município de Campinas**. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

SILVA, M. G. C. P. C.; MARTINI, A. M. Z.; ARAÚJO, Q. R. Estrutura populacional de *Euterpe edulis* Mart. no sul da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 393-403, 2009.

SILVA, P. P. M.; CARMO, L. F.; SILVA, G. M.; SILVEIRADINIZ, M. F.; CASEMIRO, R. C.; SPOTO, M. H. F. Composição física, química e lipídica da polpa do fruto de juçara (*Euterpe edulis* Mart.). **Alim.Nutr.Braz. J. Food Nutr.**, Araraquara, v. 24, n. 1, p. 7-13, 2013.

SOUSA, E. P.; SOARES, N. S.; CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L. Competitividade da Produção de Palmito de Pupunha no Espírito Santo e em São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 1, p. 157-180, 2011.

SOUZA, S. G. **Avaliação do armazenamento de plântulas como alternativa na propagação de palmiteiro *Euterpe edulis* Martius**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

SOUZA, S. G. **Avaliação do armazenamento de plântulas como alternativa na propagação de palmiteiro *Euterpe edulis* Martius**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

TAVARES, A. R.; RAMOS, D. P.; AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S. Jussara palm seed germination under different shade levels. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p.492-494, 2008.

TICKTIN, T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, p. 11-21, 2004.

TICKTIN, T.; NANTEL, P.; RAMIREZ, F.; JOHNS, T. Effects of variation on harvest limits for nontimber forest species in Mexico. **Conservation Biology**, v. 16, p. 691-705, 2002.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Introdução do palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius) em sistemas agroflorestais em Lavras - Minas Gerais**. 1999. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Introdução do palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius) em sistemas agroflorestais em Lavras - Minas Gerais**. 1999. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

ZENTENO, M.; ZUIDEMA, P.A.; JONG, W.; BOOT, R.G.A. Livelihood strategies and forest dependence: New insights from Bolivian forest communities. **Forest Policy and Economics**, v. 26, p. 12-21, 2013.

3.0 REPETIBILIDADE DE CARACTERÍSTICAS DO FRUTO E SEMENTE DA PALMEIRA JUÇARA

3.1 INTRODUÇÃO

A espécie *Euterpe edulis* Martius é nativa da Mata Atlântica (CEMBRANELI et al., 2009). Apresenta alto valor econômico devido aos frutos e o palmito doce, sendo este muito utilizado na alimentação brasileira e culinária internacional (SOUZA, 2010). O palmito corresponde ao meristema apical e a porção do tronco no qual as folhas jovens indiferenciadas estão em desenvolvimento (SHIMIZU et al., 2011). Além disso, é o recurso florestal não madeireiro mais importante da Mata Atlântica (BRANCALION et al., 2012b).

Diversas palmeiras produzem palmitos comestíveis sendo as espécies *Euterpe edulis* Martius e *Euterpe oleracea* Martius as maiores produtoras nacionais (SHIMIZU et al., 2011). Contudo a palmeira juçara não rebrota após o corte do meristema apical, o que provoca a morte da planta (DORNELES et al., 2013). Apesar de o Brasil ser o maior produtor e consumidor de palmito do mundo este não é o maior exportador, pois o palmito nacional apresenta baixa qualidade e é um produto não ecológico devido ao corte das palmeiras nativas (SOUZA et al., 2011). Atualmente a palmeira está na lista oficial das espécies ameaçadas de extinção no Brasil (BRASIL, 2008). Como alternativa para evitar a extração do palmito os agricultores podem utilizar os frutos que são consumidos na forma de bebidas, sorvetes e doces (BORGES et al., 2011) que além de evitar a morte da palmeira apresentam um alto valor nutricional.

O pré-melhoramento de plantas é a ponte de ligação entre os recursos genéticos vegetais e o melhoramento aplicado. Nesta etapa é fundamental a caracterização de genes e, ou, fenótipos de interesse em bancos de germoplasmas ou populações naturais. A avaliação dos recursos genéticos em campo envolve expedições que necessitam do conhecimento prévio do número de frutos a serem amostrados (MANFIO et al., 2011) para otimização da mão-de-obra e tempo sem perder a eficiência seletiva das etapas posteriores (CHIA et al., 2009). Com este intuito é fundamental o cálculo do coeficiente de repetibilidade para determinar quantas observações fenotípicas são necessárias para avaliar um genótipo.

O coeficiente de repetibilidade é uma das análises biométricas mais importantes em programas de pré-melhoramento, pois mede a capacidade dos organismos em repetir a expressão do caráter no tempo ou no espaço (RESENDE, 2002a). O coeficiente é aplicado na predição dos valores genéticos e genotípicos dos indivíduos e no estudo do aumento da eficiência seletiva com o aumento do número de avaliações por indivíduo (RESENDE, 2002a).

A repetibilidade pode ser definida como a correlação fenotípica entre medidas repetidas no mesmo indivíduo (LUSH, 1937; CRUZ e REGAZZI, 1997). Com o coeficiente de repetibilidade obtém-se dois parâmetros importantes para predição do valor real dos indivíduos: coeficiente de determinação, ou precisão experimental; e o número de medições necessárias para obtenção de uma determinada precisão experimental. O coeficiente de repetibilidade é muito aplicado no melhoramento de plantas perenes, por exemplo: guaraná (*Paullinia cupana* Kunth.) (NASCIMENTO FILHO et al., 2009); bacuri (*Platonia insignis* Mart) (SILVA et al., 2009); pessegueiro (*Prunus persica*) (DANNER et al., 2010a; BRUNA et al., 2012); palmeira açai (*Euterpe olearacea* Mart.) (FARIAS NETO et al., 2011); pinhão-manso (*Jatropha curcas*) (ROCHA et al., 2012); palmeira pupunha (*Bactris gasipaes*) (PADILHA et al., 2003; BERGO et al., 2013); macaúba (*Acrocomia aculeata*) (MANFIO et al., 2011); goiabeira-serrana (*Acca sellowiana*) (DEGENHARDT et al., 2002); araçazeiro (*Psidium cattleianum*) e pitangueira (*Eugenia uniflora*) (DANNER et al., 2010b).

A repetibilidade pode ser estimada por diferentes métodos, aplicados em várias espécies perenes com diferentes particularidades. O método de análise de variância, por exemplo, é indicado para avaliar p genótipos em n medidas repetidas pelo método dos mínimos quadrados (CRUZ et al., 2005). Os métodos baseados em componentes principais são considerados os mais adequados nas situações em que os genótipos avaliados apresentam comportamento cíclico em relação à característica em estudo, e quando não atendem os pressupostos de homogeneidade de variância e distribuição aleatória dos resíduos (ABEYWARDENA, 1972; RUTLEDGE, 1974). A análise estrutural também é um método diferenciado, uma vez que requer poucas hipóteses, e difere do método de componentes principais só por questões conceituais (CRUZ et al., 2005).

Diante do exposto este trabalho objetivou estimar o coeficiente de repetibilidade e de determinação, prever o número adequado de medições capaz de proporcionar níveis de certeza satisfatórios para predição do valor real dos indivíduos e comparar diferentes métodos

de estimação do coeficiente de repetibilidade para seis características de frutos de *Euterpe edulis* Martius.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Locais de coleta: A coleta dos frutos da palmeira juçara foi realizada em 20 fragmentos florestais nos município da região Sul do estado do Espírito Santo: Alegre (oito fragmentos); Guaçuí (quatro fragmentos); Ibitirama (três fragmentos); Jerônimo Monteiro (um fragmento); Mimoso (três fragmentos); e Muqui (um fragmento) (Tabela 1). Em cada local foram coletados frutos em dez palmeiras juçara (acessos) excluindo um dos quatro fragmentos de Guaçuí onde foram coletados em apenas oito acessos. Desta forma foram utilizados 198 acessos para estudo.

Tabela 1 - Localização dos fragmentos florestais na região Sul e Caparaó do Espírito Santo

Regiões	Municípios	Fragmentos	Latitudes	Longitudes	Altitudes (m)
Caparaó	*Alegre	1	20°42'47.38"S	41°35'31.52"O	625
	Alegre	2	20°52'23.51"S	41°27'57.53"O	714
	Alegre	3	20°52'40.17"S	41°28'30.88"O	693
	Alegre	4	20°52'2.07"S	41°28'4.89"O	707
	Alegre	5	20°53'11.62"S	41°27'41.51"O	861
	Alegre	6	20°49'47.93"S	41°37'5.02"O	800
	Alegre	7	20°48'46.35"S	41°36'43.92"O	650
	Alegre	8	20°48'18.52"S	41°36'20.82"O	770
	Guaçuí	1	20°46'6.77"S	41°38'28.13"O	735
	Guaçuí	2	20°49'27.61"S	41°37'7.80"O	779
	Guaçuí	3	20°50'3.30"S	41°36'41.00"O	815
	Guaçuí	4	20°48'28.68"S	41°38'36.10"O	601
	Ibitirama	1	20°34'47.03"S	41°38'33.82"O	736
	Ibitirama	2	20°32'3.37"S	41°39'22.04"O	747
Ibitirama	3	20°33'36.53"S	41°38'28.83"O	793	
Sul	Jerônimo Monteiro	1	20°52'54.30"S	41°27'19.50"O	810
	Mimoso do Sul	1	21°1'27.26"S	41°16'48.54"O	365
	Mimoso do Sul	2	20°53'34.63"S	41°29'4.10"O	768
	Mimoso do Sul	3	20°54'32.45"S	41°27'36.60"O	680
	Muqui	1	20°59'9.77"S	41°17'8.76"O	404

*Símbolos dos fragmentos: Alegre (AL), Guaçuí (GU), Ibitirama (IB), Jerônimo Monteiro (JE), Mimoso do Sul (MI) e Muqui (MU).

Em cada acesso forma mensuradas as características de 25 frutos da palmeira juçara sendo mensuradas seis características: diâmetro longitudinal e equatorial do fruto e da semente (DLF, DLS, DEF e DES) em milímetros (mm) quantificado por meio de paquímetro digital com precisão de 0.01mm; massa do fruto e da semente (MF e MS) em gramas (g) quantificado por meio de balança eletrônica com precisão de 0.01g.

Análises Estatísticas: As estimativas de deviance dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}) e determinação (\hat{R}^2) às características em estudo foram estimadas; além da predição do número de medições necessários (η_0) para obtenção de uma precisão experimental adequada para mensuração.

A deviance foi estimada pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML), utilizando o modelo básico de repetibilidade que assume ausência de delineamento. A REML é descrita na forma matricial pela equação [1], com distribuições de média [2] e variâncias [3] e [4] (RESENDE, 2002a):

$$y = Xm + Zp + \varepsilon \quad [1]$$

$$E \begin{bmatrix} y \\ p \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xm \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad [2]$$

$$Var \begin{bmatrix} y \\ p \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & Z'P & R \\ P'Z & P & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \quad [3]$$

$$P = I\sigma_p^2$$

$$P = I\sigma_e^2$$

$$V = ZPZ' + R \quad [4]$$

$$y | m, V \sim N(Xm, V)$$

$$p | P, \sigma_p^2 \sim N(0, P)$$

$$\varepsilon | R, \sigma_e^2 \sim N(0, R)$$

onde: y é o vetor da variável a ser analisada; m é o vetor dos efeitos das medições assumidos como fixos e somados a média geral; p é o vetor de efeitos fenotípicos permanentes assumidos como aleatórios; ε é o vetor de erros aleatórios; X a matriz de incidência para os efeitos fixos; Z é a matriz de incidência para os efeitos fenotípicos

permanentes; V é a matriz de variância e covariância de y ; P é a matriz de variância e covariância para os efeitos fenotípicos permanentes; R é a matriz de variância e covariância residual; σ_p^2 é a variância dos valores fenotípicos permanentes (variação genética + variação do ambiente permanente) e σ_e^2 é a variância residual devida ao ambiente temporário.

Com base no modelo [1] a deviance (D) é dada em [5] (RESENDE, 2002a):

$$D = -2\ln(L) [5]$$

$$\ln(L) = -\frac{1}{2} \ln |X'V^{-1}X| - \frac{1}{2} \ln |V| - \frac{1}{2} (y - Xm)'V^{-1}(y - Xm) [6]$$

em que: $\ln(L)$ é o ponto máximo da função logarítmica de verossimilhança restrita maximizada (PATTERSON e THOMPSON, 1971); y é o vetor da variável a ser analisada; m é o vetor de efeitos das medições assumidos como fixos e somados a média geral; X é a matriz de incidência para os efeitos fixos e V é a matriz de variância e covariância de y .

As estimativas do teste da razão de verossimilhança (LRT) foram obtidas pelo modelo [7] (RESENDE, 2002a):

$$LTR = -2\ln(\hat{L}_{EAP}) + 2\ln(\hat{L}_{MC}) [7]$$

onde: \hat{L}_{EAP} é a estimativa do ponto máximo da função de verossimilhança restrita para o modelo reduzido (omitindo os efeitos fenotípicos permanentes) e \hat{L}_{MC} é a estimativa do ponto máximo da função de verossimilhança restrita para o modelo completo (com os efeitos fenotípicos permanentes).

A estimativa dos coeficiente de repetibilidade foi obtida por cinco metodologias distintas: máxima Verossimilhança Restrita (REML) aplicando o modelo básico de repetibilidade sem delineamento (RESENDE, 2002a); componentes principais com base na matriz de correlações (CPC) e de covariâncias (CPCV) (ABEYWARDENA, 1972); análise estrutural com base na matriz de correlações (AEC) e de covariância (AECV) (MANSOUR et al., 1981) entre as medidas repetidas.

Seguindo o modelo [1] o coeficiente de repetibilidade é dado em [8] (RESENDE, 2002b):

$$\hat{r} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2} [8]$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{y'y - \hat{m}'X'y - \hat{p}'Z'y}{N - p(X)} [9]$$

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{\hat{p}'\hat{p} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(C^{22})}{S} [10]$$

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + I \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_e^2 \\ \hat{\sigma}_p^2 \end{pmatrix} \end{bmatrix}^G = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} \\ C^{21} & C^{22} \end{bmatrix} [11]$$

onde: $\hat{\sigma}_e^2$ é a estimativa da variância residual que pode ser obtida pelo estimador iterativo mostrado em [9], sendo N o número total de dados e $p(X)$ é o posto da matriz X; $\hat{\sigma}_p^2$ é a estimativa da variância dos valores fenotípicos permanentes (variação genética + variação do ambiente permanente) que pode ser obtida pelo estimador iterativo indicado em [10], onde tr representa a operação traço matricial e S o número de colunas da matriz Z. Além disso, este estimador depende de C^{22} [11] que é a sub-matriz da inversa generalizada da matriz dos coeficientes das equações dos modelos mistos.

No método CPC, a repetibilidade é dada por [12] (RUTLEDGE, 1974):

$$\hat{r} = \frac{\hat{\lambda}_n - 1}{\eta - 1} [12]$$

$$\hat{R} = \begin{bmatrix} 1 & \hat{\rho}_{12} & \cdots & \hat{\rho}_{1j} \\ \hat{\rho}_{21} & 1 & \cdots & \hat{\rho}_{2j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\rho}_{i1} & \hat{\rho}_{i2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{\eta \times \eta} [13]$$

$$|\hat{R} - \lambda I| = 0 [14]$$

onde: n é o número de medições realizadas no experimento e $\hat{\lambda}_{\hat{R}}$ é a estimativa do maior autovalor associado a estimativa da matriz de correlações entre as medidas repetidas (\hat{R}) [13] e sua estimativa é obtida resolvendo-se o modelo mostrado em [14].

O método CPCV tem como estimador do coeficiente de repetibilidade o modelo [15] proposto por (MORRISON, 1976):

$$\hat{r} = \frac{\hat{\lambda}_{\hat{\Gamma}} - \hat{\sigma}_y^2}{\hat{\sigma}_y^2(\eta - 1)} [15]$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = \frac{1}{\eta} \sum_{i=j}^{\eta} \hat{\sigma}_{ij(r)}^2 [16]$$

$$\hat{\Gamma} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11}^2 & \hat{\sigma}_{12}^2 & \cdots & \hat{\sigma}_{1j}^2 \\ \hat{\sigma}_{21}^2 & \hat{\sigma}_{22}^2 & \cdots & \hat{\sigma}_{2j}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{i1}^2 & \hat{\sigma}_{i2}^2 & \cdots & \hat{\sigma}_{\eta\eta}^2 \end{bmatrix}_{\eta \times \eta} [17]$$

$$|\hat{\Gamma} - \lambda I| = 0 [18]$$

onde: n é o número de medições realizadas no experimento; $\hat{\sigma}_y^2$ [16] é um estimador da soma da variância residual com a variância do ambiente permanente e $\hat{\lambda}_{\hat{\Gamma}}$ é a estimativa do maior autovalor associado a estimativa da matriz de covariâncias entre as medidas repetidas ($\hat{\Gamma}$) [17] e sua estimativa é obtida resolvendo-se o modelo [18].

O coeficiente de repetibilidade pelo método AEC foi obtido por [19] (MANSOUR et al., 1981):

$$\hat{r} = \frac{\alpha' \hat{R} \alpha - 1}{\eta - 1} = \frac{2}{\eta(\eta - 1)} \sum_j \sum_{<j} \hat{\rho}_{jj} [19]$$

onde: α é o auto vetor associado ao maior auto valor da estimativa da matriz de correlações entre as medidas repetidas (\hat{R}); n é o número de medições realizadas no experimento e $\hat{\rho}_{jj}$ representa as estimativas das correlações entre as medidas repetidas.

O método AECV estima o coeficiente de repetibilidade pelo modelo [20] (MANSOUR et al., 1981):

$$\hat{r} = \frac{\hat{\gamma}'\hat{\Gamma}\hat{\gamma} - \hat{\sigma}_y^2}{\hat{\sigma}_y(\eta-1)} = \frac{1}{\eta(\eta-1)\hat{\sigma}_y} \sum_j \sum_{j' \neq j} \hat{\sigma}_{jj'} [20]$$

onde: $\hat{\gamma}$ é o auto vetor associado ao maior auto valor da estimativa da matriz de covariância entre as medidas repetidas ($\hat{\Gamma}$); $\hat{\sigma}_y^2$ é um estimador da soma da variância residual com a variância ambiental permanente; n o número de medições realizadas no experimento e $\hat{\sigma}_{jj'}$ representa as estimativas das covariâncias entre as medidas repetidas.

O coeficiente de determinação (R^2) é o nível de certeza da estimativa do valor real dos indivíduos para as variáveis analisadas com base nas n medições do experimento. O R^2 foi estimado por [21] (CRUZ et al., 2012):

$$\hat{R}^2 = \frac{\hat{\eta} \hat{r}}{1 + \hat{r}(\eta-1)} [21]$$

Onde: n é o número de medições realizadas no experimento e \hat{r} representa a estimativa do coeficiente de repetibilidade. O cálculo do número de medições necessárias (η_0) para a predição do valor real dos indivíduos segundo o nível de certeza desejado (R^2) foi obtido pelo modelo [22] (CRUZ et al., 2012):

$$\eta_0 = \frac{R^2(1-\hat{r})}{(1-R^2)\hat{r}} [22]$$

Todas as análises deste trabalho foram realizadas utilizando o programa R (TEAM, 2013).

3.3 RESULTADOS

O teste do qui-quadrado (χ^2) demonstrou diferença significativa a 1% de probabilidade entre as *deviances* do modelo reduzido e completo para todas as variáveis em estudo (Tabela

2). A comparação das *deviances* é realizada aplicando o teste da razão de verossimilhança, portanto, o efeito permanente do ambiente é fundamental para explicar os valores fenotípicos observados.

Tabela 2 – Análise de *deviance* (ANADEV) para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial da semente (DES), massa do fruto (MF) e massa da semente (MS), obtidos pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) para 198 acessos de *E. edulis*

FV	DLF(mm)	DEF(mm)	DLS(mm)	DES(mm)	MF (g)	MS (g)
EFP	6800,03 ⁺	7122,95 ⁺	5634,26 ⁺	6109,16 ⁺	-2836,53 ⁺	-7025,71 ⁺
MC	74,40 ⁺⁺	499,68 ⁺⁺	-1470,60 ⁺⁺	-593,80 ⁺⁺	-10362,27 ⁺⁺	-13988,54 ⁺⁺
LRT (χ^2)	6725,63 ^{**}	6623,27 ^{**}	7104,86 ^{**}	6632,95 ^{**}	7525,75 ^{**}	6962,83 ^{**}

FV – Fontes de variação, EFP – Efeito fenotípico permanente (causas genéticas + ambiente permanente), MC – Modelo completo, LRT – Teste da razão de verossimilhança; ⁺*Deviance* do modelo ajustado sem o referido efeito; ⁺⁺*Deviance* do modelo completo ajustado; ^{**} Significativo pelo teste χ^2 , com 1 grau de liberdade, em nível de 1% de probabilidade.

Os coeficientes de repetibilidade obtidos para as seis variáveis foram iguais ou superiores a 0,78. Não foram observadas diferenças entre as estimativas de repetibilidade pelas diferentes metodologias de estimação testadas para as variáveis DLF, DES, MF e MS. Contudo, às variáveis DEF, DLS a diferenças entre as metodologias foi mínima (Tabela 3).

Tabela 3 – Estimativas dos coeficientes de repetibilidade (\hat{r}), coeficientes de determinação (\hat{R}^2) e o cálculo do número de medições necessárias (η_0), utilizando os métodos de máxima verossimilhança restrita (REML), componentes principais via matrizes de correlações (CPC) e covariâncias (CPCV) e análise estrutural via matrizes de correções (AEC) e covariâncias (AECV) entre medidas repetidas para as características diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial da semente (DES), massa do fruto (MF) e massa da semente (MS). Medidas 25 vezes em 198 acessos de *E. edulis*

Variáveis	Métodos	\hat{r}	\hat{R}^2 (%)	η_0 (90%)	η_0 (95%)	η_0 (99%)
DLF (mm)	REML	0,79	98,93	2 (2,44)	5 (5,15)	27 (26,86)
	CPC	0,79	98,94	2 (2,42)	5 (5,10)	27 (26,59)
	CPCV	0,79	98,94	2 (2,42)	5 (5,10)	27 (26,57)
	AEC	0,79	98,94	2 (2,42)	5 (5,11)	27 (26,62)
	AECV	0,79	98,93	2 (2,43)	5 (5,14)	27 (26,77)
DEF (mm)	REML	0,78	98,90	3 (2,51)	5 (5,31)	28 (27,64)
	CPC	0,79	98,96	2 (2,37)	5 (5,01)	26 (26,09)
	CPCV	0,78	98,91	2 (2,47)	5 (5,22)	27 (27,17)
	AEC	0,79	98,95	2 (2,39)	5 (5,04)	26 (26,25)
	AECV	0,78	98,90	3 (2,50)	5 (5,28)	28 (27,53)

	REML	0,80	99,03	2 (2,21)	5 (4,66)	24 (24,27)
	CPC	0,81	99,04	2 (2,18)	5 (4,60)	24 (23,97)
DLS (mm)	CPCV	0,80	99,04	2 (2,18)	5 (4,61)	24 (24,01)
	AEC	0,80	99,04	2 (2,18)	5 (4,61)	24 (24,00)
	AECV	0,80	99,03	2 (2,20)	5 (4,64)	24 (24,18)
	REML	0,78	98,89	3 (2,52)	5 (5,32)	28 (27,74)
	CPC	0,78	98,91	2 (2,48)	5 (5,24)	27 (27,33)
DES (mm)	CPCV	0,78	98,91	2 (2,48)	5 (5,23)	27 (27,26)
	AEC	0,78	98,91	2 (2,49)	5 (5,25)	27 (27,35)
	AECV	0,78	98,90	3 (2,50)	5 (5,27)	27 (27,46)
	REML	0,82	99,13	2 (1,98)	4 (4,17)	22 (21,74)
	CPC	0,82	99,14	2 (1,96)	4 (4,13)	22 (21,51)
MF (g)	CPCV	0,82	99,14	2 (1,95)	4 (4,13)	22 (21,50)
	AEC	0,82	99,14	2 (1,96)	4 (4,13)	22 (21,53)
	AECV	0,82	99,13	2 (1,97)	4 (4,15)	22 (21,65)
	REML	0,80	98,99	2 (2,29)	5 (4,83)	25 (25,18)
	CPC	0,80	99,00	2 (2,26)	5 (4,78)	25 (24,90)
MS (g)	CPCV	0,80	99,00	2 (2,27)	5 (4,79)	25 (24,95)
	AEC	0,80	99,00	2 (2,27)	5 (4,79)	25 (24,94)
	AECV	0,80	99,00	2 (2,28)	5 (4,82)	25 (25,11)

Para a variável DEF o coeficiente de repetibilidade foi de 0,79 nas metodologias de componentes principais e análise estrutural baseadas na matriz de correlações entre as medidas repetidas (CPC e AEC) e 0,78 nas demais metodologias (Tabela 3). Para a característica DLS estimou-se um coeficiente de repetibilidade de 0,81 para a metodologia de componentes principais baseada na matriz de correlações entre as medidas repetidas (CPC) e 0,8 para as demais metodologias (Tabela 3).

Os coeficientes de determinação estimados para todas as variáveis analisadas em todas as metodologias foi superior a 98%, sendo estes referentes às 25 medições realizadas no experimento. Ao se considerar uma confiabilidade de 99% verificou-se que seriam necessárias 27, 25, 24 e 22 medições para as variáveis DLF, MS, DLS e MF em todos os métodos respectivamente (Tabela 3).

Para a característica DEF, considerando 99% de confiabilidade, os métodos REML e AECV exigem 28 medições, enquanto que a técnica de CPCV requer 27 e CPC e AEC demandam apenas 26. Para a variável DES observou-se que o método REML requer 28 medições ao invés de 27 (Tabela 3). Para trabalhar com um coeficiente de determinação de 95% seriam necessárias cinco medições para as variáveis DLF, DEF, DLS, DES e MS e quatro medições para MF, reduzindo em 80% e 84% o número de medições respectivamente (Tabela 3). Para as variáveis DEF e DES, considerando o coeficiente de determinação de 90%, observou-se que os métodos REML e AECV indicaram a necessidade de 3 medições, enquanto para os demais (CPC, CPCV e AEC) foram necessárias apenas 2 medições.

3.4 DISCUSSÃO

As diferenças significativas observadas ocorrem devido a existência de variabilidade genética nas populações da palmeira juçara (Tabela 1). Segundo Resende (2002a) o procedimento da análise de *deviance* pelo teste do χ^2 para avaliar LRT é cientificamente recomendado para os efeitos aleatórios do modelo, pois, pode comprovar a existência de variabilidade dos efeitos aleatórios estudados.

Os valores estimados dos coeficientes de repetibilidade pelos diferentes métodos foram próximos evidenciando uma concordância entre as diferentes metodologias testadas elevando a confiabilidade nos resultados (MANFIO et al., 2011). Além disso a alta magnitude dos dados demonstra que as variáveis possuem um bom controle genético (FERREIRA et al., 2005). Os valores de repetibilidade são referenciados como elevados, visto que, valores acima de 0,8 são adequados para seleção de indivíduos (RESENDE, 2002a). Valores altos de repetibilidade são fundamentais, pois ao escolher ou avaliar um genótipo espera-se que a sua superioridade inicial perdure (CRUZ e REGAZZI, 2001).

Resultados diferentes foram encontrados em trabalhos com outras palmeiras como o caiaué (*Elaeis oleifera* Kunt Cortez) e dendezeiro (*Elaeis guineensis*) (Chia et al., 2009), bacuri (*Platonia insignis* Martius) (SILVA et al., 2009) e pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) (BERGO et al., 2013). Nestas pesquisas o método dos componentes principais estimou os maiores valores de repetibilidade. Portanto para palmáceas é necessário cuidado ao utilizar este método para não ocorrer uma sub ou super estimação da repetibilidade. Segundo

Cruz et al. (2012) a diferença entre as metodologias CPC e AEC é apenas conceitual, portanto as estimativas geradas pelos dois métodos tendem a serem similares.

Como os coeficientes de determinação estimados neste trabalho apresentaram alta magnitude, superior a 98% (RESENDE, 2002b), verificou-se a possibilidade de redução do número de medições para uma confiabilidade de 95% (MANFIO et al., 2011). Dentro dos níveis de precisão aceitáveis, deve-se buscar redução do período de avaliação e medições para economia de recursos e tempo (CHIA et al., 2009).

Em estudos de repetibilidade realizados com outras perenes como por Nascimento Filho et al. (2009), Danner et al. (2010) e Bergo et al. (2013), trabalhando com guaraná, ameixeira/pessegueiro e pupunheira, respectivamente, consideraram o coeficiente de determinação de 90% para o cálculo do número de medições necessárias (η_0). No presente trabalho, com o coeficiente de determinação de 90% é possível reduzir para dois o número de medições para as variáveis DLF, DLS, MF e MS em todas as metodologias.

Uma grande precisão experimental é alcançada com cinco medições das variáveis em estudo. Para atingir um R^2 de 99% exigir-se-á de 24 a 27 medições (Tabela 3), onerando a pesquisa sem um expressivo ganho de precisão. Portanto para as características em estudo cinco medições são adequadas para anular o efeito ambiental temporário. As metodologias aplicadas no estudo apresentam uma concordância nos resultados, contudo uma cautela maior deve ser dada ao método dos componentes principais para não super estimar os valores de repetibilidade, devendo este ser aplicado em conjunto com outra metodologia nas futuras pesquisas.

3.5 CONCLUSÕES

As estimativas dos coeficientes de repetibilidade e determinação de todas as variáveis analisadas são superiores a 0,78 e 98% respectivamente, para todas as metodologias testadas, realizando 25 medições.

Para 95% de confiabilidade são necessárias 5 medições para as variáveis DLF, DEF, DLS, DES e MS e 4 medições para a variável MF.

As metodologias utilizadas não diferem quanto à estimativa do coeficiente de repetibilidade para as variáveis DLF, DES, MF e MS, enquanto que para as demais variáveis as diferenças foram mínimas.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEYWARDENA, V. An application of principal component analysis in genetics. **Journal of Genetics**, Sadashivanagar, v. 61, p. 27-51, 1972.

BERGO, C. L.; NEGREIROS, J. R. S.; MIQUELONI, D. P.; LUNZ, A. M. P. Estimativas de repetibilidade de caracteres de produção em pupunheiras para palmito da raça Putumayo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 35, n. 3, p. 829-836, 2013.

BORGES, G. S. C.; VIEIRA, F. G. K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L. V.; ZAMBIAZI, R. C.; MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of juçara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in Southern Brazil. **Food Research International**, Kidlington, v. 44, p. 2128-2133, 2011.

BRANCALION, P. H. S.; VIDAL, E.; LAVORENTI, N. A.; BATISTA, J. L. F.; RODRIGUES, R. R. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 284, 78–85, 2012b.

BRASIL. Instrução Normativa Nº 6 de 23 de setembro de 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 de set. 2008. Seção 1, n. 185, p. 75-83.

BRUNA, E. D.; MORETO, A. L.; DALBÓ, M. A. Uso do coeficiente de repetibilidade na seleção de clones de pessegueiro para o Litoral Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 34, p. 206-215, 2012.

CEMBRANELI, F.; FISCH, S. T. V.; CARVALHO, C. P. Exploração sustentável da palmeira *Euterpe edulis* Martius no Bioma Mata Atlântica. **Revista Ceres**, Vale do Paraíba, SP, v. 56, n. 3, p. 233-240, 2009.

CHIA, G. S.; LOPES, R.; CUNHA, R. N. V.; ROCHA, R. N. C.; LOPES, M. T. G. Repetibilidade da produção de cachos de híbridos interespecíficos entre o caiaué e o dendezeiro. **Acta Amazonica**, INPA, v. 39, p. 249-254, 2009.

CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 514p.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 394 p., 2005.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. rev. Viçosa-MG: UFV, 390 p., 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Ed. UFV, vol. 1, 390 p., 1997

DANNER, M. A.; RASEIRA, M. C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de peso de fruto e de duração do ciclo em ameixeira e pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 872-878, 2010a.

DANNER, M. A.; RASEIRA, M. C. B.; SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; SCARIOT, S. Repetibilidade de caracteres de fruto em araçazeiro e pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2086-2091, 2010b.

DEGENHARDT, J.; DUCROQUET, J. P.; REIS, M. S.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Efeito de anos e determinação do coeficiente de repetibilidade de características de frutos de goiabeira-serrana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 1285-1293, 2002.

DORNELES, L. L.; ZILLIKENS, A.; STEINER, J.; PADILHA, M. T. S. Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (*Arecaceae*) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agroflorestral na Ilha de Santa Catarina. **IHERINGIA, Sér. Bot.**, Porto Alegre, v. 68, n. 1, p. 47-57, 2013.

FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. S. P. Seleção simultânea em progênies de araçazeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 532-539, 2011.

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 761-767, 2005.

LUSH, J.L. **Animal breeding plans**. Ames: Iowa State University Press, p. 433, 1937.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; SANTOS, C. E. M.; PIMENTEL, L. D.; QUEIROZ, V. de; SATO, A. Y. Repetibilidade em características biométricas do fruto de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 70-76, 2011.

MANSOUR, H.; NORDHEIM, E. V.; RULEDGE, J. J. Estimators of repeatability. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 60, p. 151-156, 1981.

MORRISON, D. F. **Multivariate statistical methods**. New Delhi: McGraw-Hill Book, 415 p., 1976.

NASCIMENTO-FILHO, F. J.; ATROCH, A. L.; CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 605-612, 2009.

PADILHA, N. C. C.; OLIVEIRA, M. S. P.; MOTA, M. G. C. Estimativa da repetibilidade em caracteres morfológicos e de produção de palmito em pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth). **Revista Árvore**, v. 27, p. 435-442, 2003.

PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, n. 3, 545-554, 1971

RESENDE, M. D. V. (2002b). **Seleção-REML/BLUP Seleção genética computadorizada: manual do usuário**. Colombo: Embrapa (CNPQ), 67 p. 2002b.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: 975 p., 2002a.

ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, F. C. G.; MILITÃO, J. S. L. T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 44-50, 2012.

RUTLEDGE, J.J. A scaling which removes bias of Abaywardenas's estimator of repeatability. **Journal of Genetic**, v. 61, p. 247-250, 1974.

SHIMIZU, M. M.; MELO, G. A.; SANTOS, A. B.; BOTTCHEER, A.; CESARINO, I; ARAÚJO, P.; MOURA, J. C. M. S.; MAZZAFERA, P. Enzyme characterisation, isolation and cDNA cloning of polyphenol oxidase in the hearts of palm of three commercially important species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 970-977, 2011.

SILVA, R. G.; CHAVES, M. C. L.; ARNHOLD, E.; CRUZ, C.D. Repetibilidade e correlação fenotípicas de caracteres do fruto de bacuri no estado do Maranhão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, p. 587-591, 2009.

SOUSA, E. P.; SOARES, N. S.; CORDEIRO, S. A.; SILVA, M. L. Competitividade da Produção de Palmito de Pupunha no Espírito Santo e em São Paulo. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 1, p. 157-180, 2011.

SOUZA, S. G. **Avaliação do armazenamento de plântulas como alternativa na propagação de palmito *Euterpe edulis* Martius**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

TEAM, R. C. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2014.

4.0 IDENTIDADE DE MODELOS NÃO LINEARES PARA COMPARAR CURVAS DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Euterpe edulis* Martius

4.1 INTRODUÇÃO

A propagação das palmeiras é basicamente por sementes, sendo esta considerada a forma mais eficaz de reintroduzir as espécies no ambiente (TAVARES et al., 2008). Contudo a germinação geralmente é lenta, desuniforme e frequentemente de porcentagem baixa (PIVETTA et al., 2008). Vários são os fatores que podem influenciar na germinação das sementes como a recalcitrância, tamanho, maturação, dormência, viabilidade, idade, fatores climáticos entre outros (ANDRADE e PEREIRA, 1997; BASKIN e BASKIN, 2001; FINCH-SAVAGE e METZGER, 2006).

Entender o padrão de germinação das sementes é fundamental em programas de melhoramento e conservação. A compreensão do processo germinativo é substancial para a elaboração de estratégias de conservação dos recursos genéticos e auxiliar na escolha de sementes mais vigorosas para o armazenamento e reflorestamento (SILVA et al., 2004). Nestes estudos os modelos matemáticos lineares e não lineares apresentam grande aplicação. Ambos objetivam relacionar uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Contudo os modelos não-lineares são mais aplicados a processos como crescimento, nascimento, mortalidade e rendimento, pois estes dificilmente têm relação linear com as variáveis explicativas (GAZOLA et al., 2011).

A regressão não linear é caracterizada pela equação de predição que depende não linearmente de um ou mais parâmetros desconhecidos (SMYTH, 2002), sendo um dos métodos mais utilizados quando a resposta é contínua. Geralmente fornece bom ajuste e apresenta menos parâmetros que os modelos lineares. A determinação de curvas de crescimento pela regressão não linear auxilia na interpretação de parâmetros ou funções, podendo facilitar estudos de porcentagem de germinação (SEBER e WILD, 2003). A grande vantagem destes modelos é sua origem em teorias e princípios biológicos, físicos e químicos (GAZOLA et al., 2011). Porém o método apresenta desvantagens como a necessidade de

algoritmos iterativos e o uso de estimativas iniciais para o ajuste dos parâmetros (SCHABENBERGER e PIERCE, 2002).

Na literatura são citados algumas aplicações dos modelos não lineares: Gaspar-Oliveira et al. (2008) utilizaram o modelo de Gompertz para ajustar valores dos percentuais de germinação em função do tempo (em dias) para diferentes métodos de superação de dormência em sementes de *Brachiaria brizantha*; Calha et al. (2008) estudaram a influência da idade e temperatura na germinação das sementes de *Alisma plantago-aquatica* por meio do modelo log logístico avaliando a melhor temperatura para germinação; Maia et al. (2009) verificaram que o modelo logístico explicou de forma mais adequada a curva de crescimento de bananeiras submetidas a cinco doses de um regulador de crescimento; Martins Filho et al. (2008) conseguiram explicar o crescimento de dois cultivares de feijoeiro por meio de um modelo logístico, sendo possível comparar dois cultivares por meio do teste de igualdade de parâmetros.

Em virtude da importância ecológica e econômica da palmeira juçara é necessário o entendimento do comportamento germinativo das suas sementes. Este trabalho objetivou avaliar o padrão de germinação das sementes da espécie *Euterpe edulis* Martius via modelos não lineares Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Will Bill, estudar a distância entre os acessos via agrupamento de Tocher, determinar aquele que melhor se ajusta aos dados de germinação de *E. edulis* e com base neste aplicar o teste de identidade de modelos não lineares para comparar os parâmetros de interpretação biológica.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com sementes de 45 palmeiras juçara (acessos) oriundos de fragmentos florestais na região sul e Caparaó do Estado do Espírito Santo (Tabela 1). De cada acesso foram colhidos 100 frutos para extração das sementes. Em virtude do caráter recalcitrante das sementes da palmeira juçara (ANDRADE e PEREIRA, 1997) foi necessário a imediata realização dos procedimentos pré-germinativos de desinfestação com hipoclorito de sódio a 0,5% por 15 minutos (TEIXEIRA et al., 2011) seguida de escarificação (BRASIL, 2009).

A semeadura sucedeu-se em bandejas de isopor tendo como substrato areia esterelizada. As bandejas foram mantidas em câmara de germinação BOD por 60 dias a temperatura de 25 °C com fotoperíodo de oito horas de luz e 16 de escuro (BRASIL, 2009). O experimento foi instalado em delineamento inteiramente ao acaso com 45 tratamentos (acessos) e quatro repetições com 25 sementes. Foram avaliadas cinco características neste experimento: germinação (G), em percentagem computada diariamente durante 60 dias; índice de velocidade de germinação (IVG) (MAGUIRE, 1962); tempo médio de germinação (TMG) (LABOURIAU, 1983); primeira contagem de germinação (PCG), avaliada aos 20 dias após o semeio; e percentagem de germinação (PG), calculada aos 60 dias após o plantio (BRASIL, 2009).

Com base nos dados quantitativos obtidos no experimento foi calculada a matriz de distância entre os acessos com bases na distância generalizada de Mahalanobis (D^2) [1] de acordo com os resultados das variáveis IVG, TMG, PCG e PG. Posteriormente os acessos foram agrupados pelo método de otimização de Tocher [2] para verificar quais destes são mais próximos quanto ao vigor das sementes.

$$D_{ii'}^2 = d_{ii'}' S^{-1} d_{ii'} \rightarrow \text{para } i \neq i' [1]$$

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_{e11}^2 & \sigma_{e12} & \sigma_{e13} & \cdots & \sigma_{e1p} \\ \sigma_{e21} & \sigma_{e22}^2 & \sigma_{e23} & \cdots & \sigma_{e2p} \\ \sigma_{e31} & \sigma_{e32} & \sigma_{e33}^2 & \cdots & \sigma_{e3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{ep1} & \sigma_{ep2} & \sigma_{ep3} & \cdots & \sigma_{ep}^2 \end{bmatrix}$$

$$d_{(ij)k} = d_{ik} + d_{jk}$$

$$\frac{d_{(grupo)k}}{\eta} \leq \alpha [2]$$

em que: $d_{(ij)k}$ é a distancia do individuo k ao grupo formado pelos indivíduos ij; η é o número de indivíduos do grupo; α é o valor mínimo entre as distancias dos possíveis grupos (critério de entrada de um novo acesso ao grupo); $D_{ii'}^2$ é a distância generalizada de Mahalanobis entre os genótipos i e i'; $d_{ii'}$ é a distancia entre os genótipos i e i' ($x_{ij} - x_{i'j}$); S^{-1} é a

inversa da matriz de variância e covariância residual; σ_{ϵ}^2 a variância residual para a variável p e σ_{ϵ} a covariância entre as variáveis p_i e p_j para $i \neq j$.

O agrupamento dos acessos foi necessário para iniciar o processo de modelagem matemática do processo germinativo (G) em função do tempo. Para tal foram adotados quatro modelos não lineares: Logístico; Gompertz; Von Bertalanffy e Will Bill. Em cada grupo formado serão aplicados os quatro modelos sendo que o coeficiente de regressão β_1 é uma aproximação assintótica da germinação máxima em todos os modelos e o β_3 pode ser interpretado como a taxa média de germinação nos modelos Logístico, Gompertz e Von Bertalanffy (Tabela 4).

Tabela 4 – Modelos de regressão não-linear para descrever curvas de germinação em função do tempo

Modelos	Funções
Logístico	$y = \frac{\beta_1}{(1 + \beta_2 e^{-\beta_3 t})} + \epsilon_i$
Gompertz	$y = \beta_1 e^{(-\beta_2 e^{-\beta_3 t})} + \epsilon_i$
Von Bertalanffy	$y = \beta_1 (1 - \beta_2 e^{-\beta_3 t})^3 + \epsilon_i$
Will Bill	$y = \beta_1 - \beta_2 e^{(-e^{(-\beta_3)t} \beta_4)} + \epsilon_i$

Devido a interdependência dos parâmetros nos modelos não lineares utilizou-se o algoritmo de Gauss-Newton [3] para obter as estimativas dos parâmetros, visando a minimização da soma de quadrados dos erros (BJÖRCK, 1996). As estimativas iniciais do vetor de parâmetros foi obtida pela linearização dos modelos da Tabela 4 utilizando operações logarítmicas.

$$\theta^{i+1} = \theta^i + (J'J)^{-1} Jr(\theta^i) [3]$$

$$r(\theta^i) = y - f(\theta^i, t)$$

$$\theta^i = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_1 \\ \hat{\theta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\theta}_k \end{bmatrix}^i$$

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_1)}{\partial \theta_1} & \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_1)}{\partial \theta_2} & \dots & \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_1)}{\partial \theta_k} \\ \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_2)}{\partial \theta_1} & \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_2)}{\partial \theta_2} & \dots & \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_2)}{\partial \theta_k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_j)}{\partial \theta_1} & \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_j)}{\partial \theta_2} & \dots & \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t_j)}{\partial \theta_k} \end{bmatrix}$$

em que: θ^{i+1} é o vetor de parâmetros atualizado; θ^i o vetor de parâmetros na i-ésima iteração; J o gradiente jacobiano; $r(\theta^i)$ o vetor de erros; y a porcentagem de germinação observada; e t o vetor de níveis do fator tempo.

Para avaliar a qualidade de ajuste dos modelos utilizou-se cinco indicadores:

1. Coeficiente de determinação (R^2) [4] (KENNEDY, 2008);
2. Quadrado médio do resíduo (QMR) [5] (MAZZINI et al., 2005; MELLO, 2008);
3. Desvio médio absoluto (DMA) [6] (SARMENTO, 2006);
4. Critério de informação de Akaike (AIC) [7] (AKAIKE, 1974); e
5. Critério de informação Bayesiano (BIC) [8] (SCHWARZ, 1978).

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQT} [4]$$

$$QMR = \frac{1}{GLR} r(\theta^n)' r(\theta^n) [5]$$

$$DMA = \frac{\sum |r(\theta^n)|}{\eta} [6]$$

$$AIC = 2K - 2\ln(\hat{L}) [7]$$

$$BIC = k \ln(\eta) - 2\ln(\hat{L}) [8]$$

em que: SQR é soma de quadrados do resíduo; SQT a soma de quadrados total; GLR os graus de liberdade do resíduo; $r(\theta^n)$ o vetor de erros na ultima iteração; n o número de

observações; k o número de parâmetros do modelo; $\ln(\hat{L})$ o logaritmo neperiano do máximo da função de verossimilhança.

Após a determinação do modelo ideal para os grupos de famílias discriminados pelo critério de Tocher determinou-se a função de taxa de germinação (TG) [9] por meio da primeira derivada do modelo escolhido em função do tempo. Em posse da função de taxas utilizou-se o algoritmo de Newton-Raphson [10] (BJÖRCK, 1996) para determinar o ponto de máxima taxa de germinação, sendo o valor inicial determinado pela análise gráfica da função de taxa de crescimento.

$$TG = \frac{\partial f(\theta_1, \theta_2 \dots \theta_k, t)}{\partial t} [9]$$

$$t^{i+1} = t^i - \frac{TG'}{TG''} [10]$$

$$TG' = \frac{\partial TG}{\partial t}$$

$$TG'' = \frac{\partial^2 TG}{\partial t^2}$$

em que: t^{i+1} é a aproximação atualizada do ponto de máximo para a função da taxa de germinação; t^i é a aproximação do ponto de máximo para a função da taxa de germinação na i -ésima iteração; TG' a derivada primeira da função de taxa de germinação e TG'' a derivada segunda da função de taxa de germinação.

O modelo não-linear de melhor ajuste para os grupos foi submetido a análise de identidade de modelos para verificar a igualdade dos parâmetros de interpretação biológica pela estatística F [11] (REGAZZI, 2004).

$$F = \frac{[SQR(\varpi) - SQR(\Omega)]GLR(\Omega)}{[GLR(\Omega) - GLR(\varpi)]SQR(\Omega)} \sim F[GLR(\Omega) - GLR(\varpi), GLR(\Omega)] [11]$$

em que: $SQR(\varpi)$ é a soma dos quadrados do resíduo do modelo reduzido; $SQR(\Omega)$ a soma dos quadrados do resíduo do modelo completo; $GLR(\Omega)$ os graus de liberdade do resíduo do modelo completo e $GLR(\varpi)$ os graus de liberdade do resíduo do modelo completo.

A estimação da matriz de distancias de Mahalanobis e o agrupamento dos acessos foram realizadas no programa GENES (CRUZ, 2013). As demais análises foram realizadas no aplicativo computacional R (TEAM, 2014).

4.3 RESULTADOS

O método de otimização de Tocher discerniu quatro grupos de acessos (Tabela 5). O primeiro grupo é composto por 38 acessos, o segundo e o terceiro por três e o último com apenas um acesso distinto. Vale ressaltar que acessos de diferentes localidades ficaram confundidos dentro dos mesmos grupos, mostrando que possivelmente a distância geográfica não influenciou na distância entre os acessos ou que o fluxo gênico entre esses locais é constante.

Tabela 5 – Agrupamento dos 45 acessos de palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) pelo método de otimização de Tocher como base a matriz de distância generalizada de Mahalanobis

GRUPOS	ACESSOS						
1	AL1P7	MI1P6	AL3P10	AL3P6	AL1P9	AL3P4	AL1P2
	AL3P7	MI1P10	GU1P5	MI1P7	AL1P3	GU1P8	MI1P3
	GU1P1	AL1P10	AL3P2	IB1P3	AL3P1	GU1P7	AL1P6
	GU1P9	AL3P8	IB1P2	MI1P5	MI1P4	IB1P1	IB1P4
	IB1P10	GU1P2	MI1P8	AL1P8	AL3P9	GU1P4	GU1P3
	IB1P6	GU1P10	IB1P5				
2	IB1P9	MI1P2	IB1P8				
3	GU1P6	MI1P1	AL1P1				
4	AL3P3						

*Símbolos dos fragmentos: Alegre (AL), Guaçuí (GU), Ibitirama (IB), Jerônimo Monteiro (JE), Mimoso do Sul (MI) e Muqui (MU), exemplo: AL1P7 fragmento um planta sete.

Para cada um dos grupos formados foram aplicados os quatro modelos não lineares de regressão. Os parâmetros dos modelos (β_1 , β_2 e β_3) e seus limites inferior e superior são dados na Tabela 6. Observa-se que os modelos Logístico e Weibull estimaram os menores valores de β_1 dentro de cada grupo enquanto que o modelo de Von Bertalanffy os maiores valores. O grupo dois apresentou os menores β_1 e o quatro os maiores. Os resultados do grupo quatro

foram bem distintos dos demais, com relação ao β_1 , o que pode ser devido ao fato do grupo quatro ter apenas um acesso. O modelo de Von Bertalanffy estimou os menores valores de β_2 e β_3 enquanto que o Logístico estimou os maiores valores de β_2 e Weibull de β_3 . O modelo de Gompertz estimou valores intermediários destes parâmetros em relação aos outros modelos, sendo que a escolha deste para descrever a germinação das sementes de palmeira juçara pode ser uma estratégia eficiente para evitar sub ou super estimação de valores.

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros de ajuste dos modelos não-lineares e intervalo de confiança para os grupos quatro grupos de acessos de palmeira juçara

Grupos	Modelos	Parâmetros	Estimativas	LI _{IC} * (95%)	LS _{IC} * (95%)
1	Logístico	β_1	59,95 **	58,46	61,52
		β_2	2574 *	1218,06	6189,59
		β_3	0,24 **	0,22	0,27
	Gompertz	β_1	62,06 **	60,33	63,97
		β_2	104,38 **	64,28	181,75
		β_3	0,15 **	0,14	0,17
	Von Bertalanffy	β_1	89,75 **	82,70	98,47
		β_2	1,51 **	1,40	1,60
		β_3	0,04 **	0,04	0,05
	Weibull	β_1	59,53 **	58,01	61,14
		β_2	60,36 **	58,29	62,52
		β_3	17,88 **	15,98	20,15
β_4		5,05 **	4,50	5,70	
2	Logístico	β_1	25,16 **	23,72	26,78
		β_2	6606 ^{ns}	2955,64	155
		β_3	0,27 **	0,20	0,37
	Gompertz	β_1	26,05 **	24,47	28,02
		β_2	178,02 ^{ns}	65,67	969,73
		β_3	0,17 **	0,13	0,23
	Von Bertalanffy	β_1	39,82 **	32,95	51,82
		β_2	1,51 **	1,23	1,69
		β_3	0,04 **	0,03	0,05
	Weibull	β_1	25,13 **	23,548	26,9844
		β_2	25,71 **	23,5751	28,1168

		β_3	19,03 **	14,3082	27,8604
		β_4	5,383 **	4,0129	7,9579
		β_1	74,23 **	73,15	75,31
	Logístico	β_2	601,50 **	379,92	1003,81
		β_3	0,27 **	0,25	0,29
		β_1	75,35 **	74,24	76,49
	Gompertz	β_2	45,97 **	34,51	63,05
		β_3	0,18 **	0,16	0,19
3		β_1	83,31 **	80,85	85,91
	Von Bertalanffy	β_2	1,64 **	1,54	1,72
		β_3	0,08 **	0,08	0,0
		β_1	73,93 **	72,83	75,05
	Weibull	β_2	75,42 **	73,48	77,41
		β_3	13,34 **	12,21	14,61
		β_4	4,11 **	3,76	4,50
		β_1	91,85 **	90,63	93,08
	Logístico	β_2	79530*	33543,17	211991,30
		β_3	0,37 **	0,34	0,40
		β_1	93,43 **	92,18	94,71
	Gompertz	β_2	1149,49 **	687,71	2030,69
		β_3	0,24 **	0,22	0,26
4		β_1	133,09 **	127,45	139,31
	Von Bertalanffy	β_2	1,56 **	1,50	1,61
		β_3	0,05 **	0,05	0,05
		β_1	91,07 **	89,81	92,36
	Weibull	β_2	92,64 **	90,84	94,48
		β_3	26,15 **	23,63	29,01
		β_4	7,57 **	6,82	8,41

*Limite inferior (LI) e limite superior (LS)

A seleção do modelo mais adequado para descrever a germinação das sementes da palmeira juçara utilizou os seguintes avaliadores: coeficiente de determinação (R^2); quadrado médio do resíduo (QMR); desvio médio absoluto (DMA); critério de informação de Akaike

(AIC); e critério de informação Bayesiano (BIC). O objetivo é a adoção do modelo com R^2 próximo a um e os menores valores de QMR, DMA, AIC e BIC.

Conforme observado na Tabela 7 verifica-se que o grupo um apresentou o melhor ajuste dos avaliadores dos modelos enquanto que o grupo quatro o pior. O modelo de Gompertz apresentou os maiores valores de R^2 e os menores QMR, DMA, AIC e BIC enquanto que Von Bertalanffy os menores R^2 e os maiores valores para os demais parâmetros dos modelos. Dessa forma verifica-se que o modelo Gompertz foi o que melhor se ajustou para todos os quatro grupos estudados, sendo o escolhido para descrever o padrão de germinação das sementes da palmeira juçara. Em contrapartida o modelo Von Bertalanffy foi considerado o menos indicado para descrever o fenômeno. Além disso, como mencionado anteriormente, a utilização do modelo Gompertz pode ser uma estratégia eficiente para evitar a sub ou super estimação dos β_1 , β_2 e β_3 .

Tabela 7 - Estimativas dos avaliadores de qualidade de ajuste dos modelos não-lineares ajustados para os grupos 1, 2, 3 e 4

Grupos	Modelos	R^2	QMR	DMA	AIC	BIC
1	Logístico	0,9959	6,0880	1,7767	234,3308	238,5726
	Gompertz	0,9985	4,3712	1,4740	177,2478	181,4896
	Von Bertalanffy	0,9673	25,0481	3,8785	354,3299	358,5716
	Weibull	0,9941	7,3014	2,0309	263,1177	263,4200
2	Logístico	0,9873	6,2181	1,7327	202,5698	206,8115
	Gompertz	0,9933	5,4730	1,5245	165,7485	169,9903
	Von Bertalanffy	0,9569	10,003	2,2939	273,3370	277,5788
	Weibull	0,9839	6,6684	1,8669	224,2340	224,5362
3	Logístico	0,9964	36,9231	4,6604	251,9129	256,1546
	Gompertz	0,9982	35,0293	4,1459	210,5184	214,7601
	Von Bertalanffy	0,9726	61,1665	6,0150	369,0174	373,2592
	Weibull	0,9969	36,5094	4,6309	250,1875	250,4897
4	Logístico	0,9871	53,2463	4,4449	358,5142	362,7560
	Gompertz	0,9922	44,1373	3,8132	329,7949	334,0367
	Von Bertalanffy	0,9306	155,7380	9,4959	456,2619	460,5036
	Weibull	0,9836	59,8987	5,1433	380,5592	380,8614

Coefficiente de determinação (R^2), quadrado médio do resíduo (QMR), desvio médio absoluto (DMA), critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano (BIC).

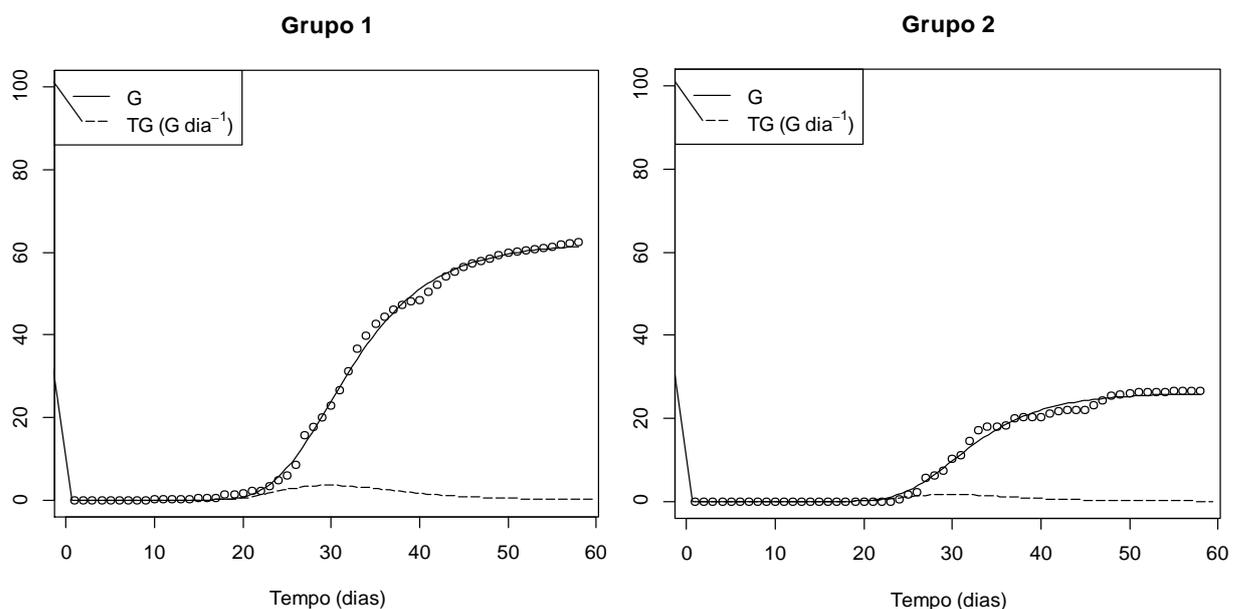
Aplicando o modelo Gompertz foram elaboradas curvas de germinação das sementes da palmeira juçara, demonstrando a germinação (G) e a taxa de germinação (TG), ambas em função do tempo (Figura 1). A Tabela 8 apresenta estimativas do ponto de máximo (PM) da germinação, taxa de germinação máxima (TG) e ponto de inflexão (PI) da curva de porcentagem utilizando a equação do modelo Gompertz nos quatro grupos de acessos. Com base nestes três parâmetros pode-se inferir sobre o vigor das sementes.

Observa-se que os quatro grupos apresentaram diferentes TG e PM. Os acessos dos grupos três e quatro são considerados mais vigorosos por apresentarem maior TG. De acordo com essas informações é possível realizar um planejamento a nível de viveiro onde pode ser estimado o período crítico de produção de mudas.

Tabela 8 - Estimativa do ponto de máximo (PM), taxa de germinação máxima (TG) e ponto de inflexão (PI) da curva de porcentagem de germinação em função do tempo para os quatro grupos de acessos de *E. edulis*

Grupos	PM (dias)	TG (G dia ⁻¹)	PI (G)
1	29,64	3,58	22,83
2	29,86	1,66	9,58
3	21,18	5,00	27,72
4	28,47	8,50	34,37

Germinação por dia (G dia⁻¹); Germinação (G).



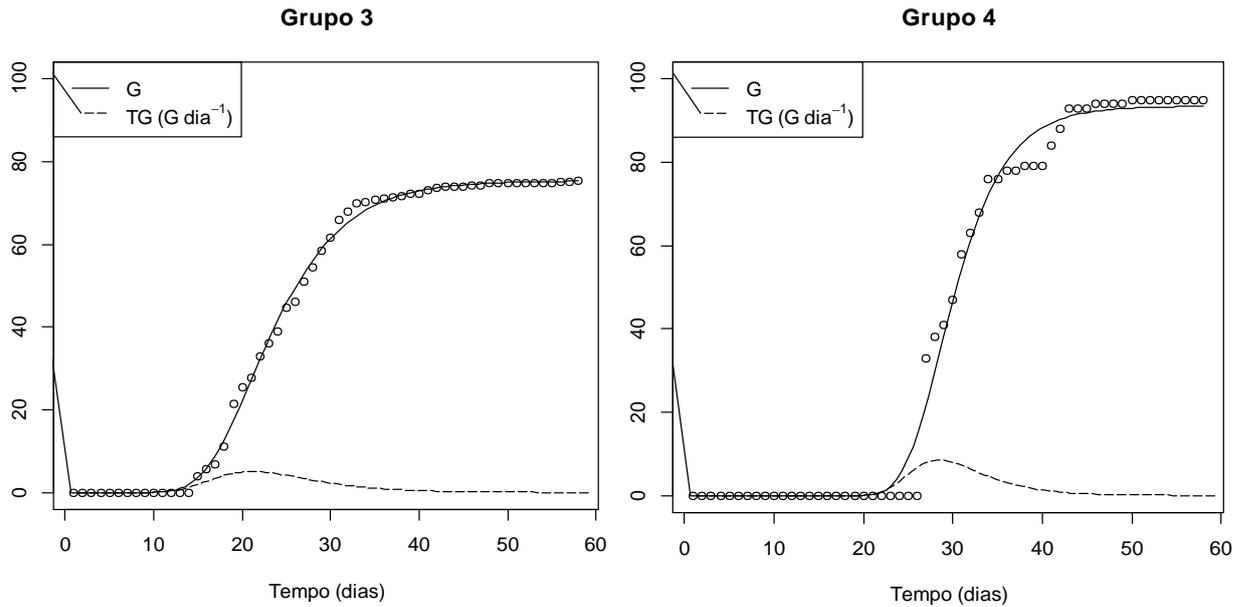


Figura 1– Caracterização da porcentagem de germinação (G) e da taxa de germinação em função do tempo de quatro grupos de acessos de *E. edulis*, por meio do modelo de crescimento de Gompertz e de sua primeira derivada respectivamente.

O teste de identidade de modelos foi aplicado para verificar se os parâmetros β_1 e β_3 não apresentam diferenças estatísticas (Tabela 9). A análise do β_2 não apresentou muito interesse devido a ausência de significado biológico. Para o parâmetro β_1 houve diferença significativa a 5% de probabilidade para todos os grupos. Portanto a sobreposição dos modelos é impossibilitada, ou seja, um modelo apenas não pode fornecer todas as informações necessárias para que se entenda o padrão de germinação das sementes da palmeira juçara dos quatro grupos.

Com relação ao parâmetro β_3 , pode-se observar que somente em duas situações encontramos uma igualdade de parâmetros. Isto foi observado com relação a comparação do parâmetro β_3 do grupo um com o do grupo dois e do β_3 do grupo dois com o do grupo três. Para esses testes pode-se dizer que a taxa média de germinação é similar. Pode-se ainda inferir, que o grupo dois possivelmente tenha uma taxa de germinação intermediária, pois os grupos um, dois e três foram testados juntos e não foram significativos. Quando se compara o parâmetro β_3 do grupo um com o do dois e o β_3 do grupo dois com o do três também não há diferença significativa. Porém a comparação do β_3 do grupo um com o do grupo 3 apresenta diferença. Dessa forma, observa-se que somente o grupo 2 sobrepõe os grupos 1 e 3.

Tabela 9 - Testes de hipótese para a igualdade de parâmetros que possuem interpretação biológica.

Hipóteses	GLN	GLD	SQR(Ω)	SQR(ω)	F	p-valor
$H_0^{(1)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(2)} = \beta_1^{(3)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(1)}$	3	916	20383,47	35975,88	233,57	0,000
$H_0^{(2)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(2)} = \beta_1^{(3)} = \beta_1$ vs $Ha^{(2)}$	2	687	10276,03	14579,95	143,87	0,000
$H_0^{(3)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(2)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(3)}$	2	687	12361,76	20341,17	221,73	0,000
$H_0^{(4)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(3)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(4)}$	2	687	19130,16	32284,54	236,20	0,000
$H_0^{(5)}$: $\beta_1^{(2)} = \beta_1^{(3)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(5)}$	2	687	19382,46	30549,11	197,90	0,000
$H_0^{(6)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(2)} = \beta_1$ vs $Ha^{(6)}$	1	458	2254,32	4267,18	408,94	0,000
$H_0^{(7)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(3)} = \beta_1$ vs $Ha^{(7)}$	1	458	9022,72	11067,77	103,81	0,000
$H_0^{(8)}$: $\beta_1^{(1)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(8)}$	1	458	11108,45	16577,29	225,48	0,000
$H_0^{(9)}$: $\beta_1^{(2)} = \beta_1^{(3)} = \beta_1$ vs $Ha^{(9)}$	1	458	9275,02	11559,75	112,82	0,000
$H_0^{(10)}$: $\beta_1^{(2)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(10)}$	1	458	11360,75	13886,53	101,83	0,000
$H_0^{(11)}$: $\beta_1^{(3)} = \beta_1^{(4)} = \beta_1$ vs $Ha^{(11)}$	1	458	18129,15	26843,41	220,15	0,000
$H_0^{(12)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(2)} = \beta_3^{(3)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(12)}$	3	916	20383,47	21632,18	18,71	0,000
$H_0^{(13)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(2)} = \beta_3^{(3)} = \beta_3$ vs $Ha^{(13)}$	2	687	10276,03	10368,33	3,09	0,046
$H_0^{(14)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(2)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(14)}$	2	687	12361,76	13343,46	27,28	0,000
$H_0^{(15)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(3)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(15)}$	2	687	19130,16	20354,14	21,98	0,000
$H_0^{(16)}$: $\beta_3^{(2)} = \beta_3^{(3)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(16)}$	2	687	19382,46	20148,84	13,58	0,000
$H_0^{(17)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(2)} = \beta_3$ vs $Ha^{(17)}$	1	458	2254,32	2264,21	2,01	0,157
$H_0^{(18)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(3)} = \beta_3$ vs $Ha^{(18)}$	1	458	9022,72	9115,01	4,69	0,031
$H_0^{(19)}$: $\beta_3^{(1)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(19)}$	1	458	11108,45	12038,50	38,35	0,000
$H_0^{(20)}$: $\beta_3^{(2)} = \beta_3^{(3)} = \beta_3$ vs $Ha^{(20)}$	1	458	9275,02	9276,76	0,09	0,770
$H_0^{(21)}$: $\beta_3^{(2)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(21)}$	1	458	11360,75	11481,88	4,88	0,028
$H_0^{(22)}$: $\beta_3^{(3)} = \beta_3^{(4)} = \beta_3$ vs $Ha^{(22)}$	1	458	18129,15	18851,18	18,24	0,000

4.4 DISCUSSÃO

Os parâmetros R^2 , QMR, DMA, AIC e BIC são ferramentas estatísticas que permitem comparar diferentes modelos e encontrar o mais indicado para descrever o fenômeno em estudo. A escolha do modelo deve contar com os resultados destes aliada ao conhecimento do fenômeno em estudo (PUIATTI et al., 2013). Estes avaliadores foram eficientes na determinação do modelo mais adequado para descrever a germinação da palmeira juçara.

Contudo pesquisas com esta espécie são de certa forma pioneiras e o entendimento sobre o seu padrão de germinação é incipiente. A escolha do modelo Gompertz teve por base os melhores valores dos parâmetros e o coeficientes da regressão com menor risco de sub ou super estimação.

Diversos fatores podem afetar a germinação das sementes das palmeiras como a espécie, temperatura, substrato, umidade, aeração e tempo de armazenamento (KOEBERNIK, 1971), sendo que a dormência é uma das principais causas mesmo quando a semente encontra-se em condições adequadas. Para a espécie *Euterpe edulis* a partir da maturação do fruto o embrião da semente encontra-se apto a germinar sendo a dificuldade de penetração de água o único fator a retardar a germinação (YOKOO et al., 1991). Visto que todos os frutos foram coletados maduros e que imediatamente após a coleta procedeu-se os procedimentos pré-germinativos, inclusive a escarificação, pode-se considerar que as diferenças na germinação foram devidas exclusivamente ao vigor das sementes.

A rápida germinação é desejável à produção de mudas devido a redução do tempo com sementeiras. Neste ponto os acessos dos grupos três e quatro apresentam características desejáveis pelos maiores valores de TG. Pela Tabela 5 verifica-se que a germinação máxima ocorre em torno de 29 dias, ou seja, este seria o tempo máximo de permanência das plântulas na sementeira. Com 30 dias poderia ser realizado o transplântio das plântulas de palmeira juçara para o recipiente definitivo, como sacolas e tubetes. A semeadura direta nos tubetes pode não resultar na germinação ao contrário da aplicação das sementeiras com as quais apenas plântulas normais são transplântadas para o tubete. O transplântio das plântulas normais reduz os gastos do viveiro com recipientes, substratos e mão-de-obra, além de reduzir o tempo para produção de mudas.

4.5 CONCLUSÕES

Os acessos de diferentes localidades ficaram confundidos dentro do mesmo grupo e acessos do mesmo grupo oriundos de diferentes localidades, segundo o agrupamento de Tocher, demonstrando que a distância geográfica não influenciou na distância entre os acessos;

O modelo de Gompertz apresentou valores de β_1 , β_2 e β_3 intermediários aos demais modelos o que evita a sub ou super estimação destes parâmetros da regressão, além disso, este modelo apresenta os maiores valores de R^2 e os menores valores do QMR, DMA, AIC e BIC sendo o mais indicado para descrever o padrão de germinação;

O teste de identidade de modelos foi não significativo e desta forma uma única regressão não é eficiente para descrever o processo germinativo.

Os grupos três e quatro possuem os maiores valores da TG indicando um maior vigor e para produção de mudas o tempo ideal para o transplante seria de 30 dias para os grupos um, dois e quatro e 22 dias para o grupo três.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Comportamento de armazenamento de sementes de palmito (*Euterpe edulis* MART.). **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 32, n. 10, p. 937-991, 1997.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. SEEDS. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. **Academic Press**, New York. 2001.

BJÖRCK, A. **Numerical methods for least squares problems**. Siam, Philadelphia, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 365 p.

CALHA, I.; MOREIRA, I.; ROCHA, F. Germinação de sementes de populações de orelha-de-mula (*Alisma plantago-aquatica*) resistentes e susceptíveis ao bensulfurão-metilo. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 31, n. 1, p. 117-130, 2008.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. L. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006.

GASPAR-OLIVEIRA, C. M.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Duração do teste de germinação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 030-038, 2008.

GAZOLA, S.; SCAPIM, C. A.; GUEDES, T. A.; BRACCINI, A. L. Proposta de modelagem não-linear do desempenho germinativo de sementes de milho híbrido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 4, 2011.

KOEBERNICK, J. Germination of palms seed. **Principes**, v.15, n.14, p.134-137, 1971.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 174 p., 1983.

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

MAIA, E.; SIQUEIRA, D. L.; SILVA, F. F.; PETERNELLI, L. A.; SALOMÃO, L. C. C. Método de comparação de modelos de regressão não-lineares em bananeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1380-1386, 2009.

MARTINS FILHO, S.; SILVA, F.F.; CARNEIRO, A.P.S.; MUNIZ, J.A. Abordagem Bayesiana das curvas de crescimento de duas cultivares de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.6, p.1516-1521, 2008.

PIVETTA, K. F. L.; SARZI, I.; ESTELLITA, M.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Tamanho do diásporo, substrato e temperatura na germinação de sementes de *Archonto Phoenixcunninghamii* (Arecaceae). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.8, n.1, p.126-134, 2008.

PUIATTI, G. A.; CECON, P. R.; NASCIMENTO, M.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, A. C. C. Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v. 31, n.3, p.337-351, 2013.

REGAZZI A. J.; SILVA C. H. O. Teste para verificar a Igualdade de Parâmetros e a Identidade de Modelos de Regressão não-linear. i. Dados no Delineamento Inteiramente Casualizado. **Revista. Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 22, n.3, p.33-45, 2004.

SCHABENBERGER, O.; PIERCE, F. J. **Contemporary statistical models**. Boca Raton: CRC, LLC, p. 738, 2002.

SEBER, G.; WILD, C. **Nonlinear Regression**. Wiley, (Wiley Series in Probability and Statistics). ISBN 9780471471356.2003.

SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J .M. R.; MELO, D. L. B.; ABREU, G. B. Germination studies on *Tabebuia impetiginosa* Mart. SEEDS. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2004.

SMYTH, G. K. Nonlinear regression. **Encyclopedia of Environmetrics**, v. 3, p. 1405-1411. 2002.

TAVARES, A. R.; RAMOS, D. P.; AGUIAR, F. F. A.; KANASHIRO, S. Jussara palm seed germination under different shade levels. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p.492-494, 2008.

TEAM, R. C. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 31 de julho de 2014.

TEIXEIRA, D. H. L. et al. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1135-1142, Dezembro 2012.

YOKOO, E. Y.; RAMOS, L. C. S.; BOVI, M. L. Cultura de tecidos de híbridos e espécies de palmitreiro no Instituto Agrônômico. **Boletim Científico do Instituto Agrônômico**, Campinas, n. 25, p.24, 1991.

5.0 ANÁLISE DE TRILHA E DIVERSIDADE GENÉTICA DE *Euterpe edulis* MARTIUS PARA CARACTERES VEGETATIVOS E DE FRUTOS

5.1 INTRODUÇÃO

No final do século XV, a Mata Atlântica estendia-se ao longo de toda costa Atlântica do país, cobrindo aproximadamente 15% do território brasileiro, cerca de 1.300.000 Km². Atualmente, restam apenas 7,9% de cobertura original da Mata Atlântica, ou seja, 102.012 Km² (ROBERTI e RANCURA, 2010). O bioma Mata Atlântica assume grande importância ecológica por apresentar elevada riqueza e diversidade de espécies da flora e da fauna (ROCHELLE et al., 2011). No estado do Espírito Santo restam apenas 11% dessa cobertura natural e a maior parcela da vegetação é secundária, tendo sido alterada pela ação do fogo, extração de madeiras nobres e desmatamento. Poucas áreas em locais de mais difícil acesso foram poupadas dessas transformações.

A Serra do Caparaó é uma das áreas localizada na divisa dos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, onde encontram-se as terras de maiores altitudes da região sudeste do Brasil. Na Serra do Caparaó, o relevo é fortemente ondulado, com altitudes variando de 997 até 2.890 m no seu ponto culminante, o Pico da Bandeira, o terceiro pico mais alto do país (DRUMOND, 2009). A cobertura natural no conjunto dos municípios da região do Caparaó Capixaba alcançaram 11%, o que coincide com a média do estado, destacando-se os municípios de Divino de São Lourenço, Ibitirama, Dolores do Rio Preto e Muniz Freire como os de maior cobertura florestal com essências nativas (PEDEAG, 2009).

Outra região de extrema importância no Espírito Santo é a região Sul composta por 17 municípios. Juntos a cobertura natural da região é de 13%, com destaque para os municípios fronteiriços às regiões do Caparaó e Serrana como os de maior cobertura. Dentro dessa diversidade da flora nativa no Caparaó e Sul Capixaba destaca-se a espécie *Euterpe edulis* Martius (palmeira juçara), uma palmeira nativa da Mata Atlântica produtora de palmito e que produz grande quantidade de frutos (FADINI et al., 2009).

A palmeira juçara pode ser considerada uma espécie-chave da Mata Atlântica, pois seus frutos ficam maduros em uma época de escassez geral de alimentos na floresta, e,

portanto, são consumidos por grande número de aves e mamíferos (REIS e KAGEYAMA, 2000, GENINI et al., 2009). Atualmente as populações da espécie *Euterpe edulis* Martius vem sofrendo grandes reduções no seu tamanho com o processo de fragmentação das florestas, além de ter sua regeneração natural drasticamente reduzida pela intensa exploração em virtude do alto valor alimentício e comercial do palmito que produz (LIMA et al., 2008, SHIMIZU et al., 2011).

Devido ao fato da espécie *Euterpe edulis* necessitar de seis a nove anos para produzir sementes, a retirada do palmito em plantas jovens, que nunca floresceram ou frutificaram, impede que a árvore complete seu ciclo reprodutivo, provocando, assim, o seu desaparecimento da floresta (SEOANE, 2007). Por esses motivos, a espécie encontra-se extinta em várias áreas de ocorrência natural e está na Lista da Flora Ameaçada do Espírito Santo e também na Lista Brasileira das Espécies Ameaçadas de Extinção (BRASIL, 2008, BRANCALION et al., 2012b).

Com a destruição do habitat da palmeira juçara e a conseqüente fragmentação das suas populações naturais, é possível que esteja ocorrendo uma diminuição da variabilidade genética inter e intrapopulacional e a redução da capacidade de adaptação às mudanças ambientais, devido ao aumento do cruzamento entre indivíduos aparentados, gerando endogamia (YOUNG et al., 1996; YOUNG e BOYLE, 2000). A endogamia altera a frequência de certos alelos em relação ao total da população (BORÉM e MIRANDA, 2013), daí a importância de quantificar os níveis de variabilidade dentro das populações e caracterizar o nível de estruturação genética entre e dentro destas populações (HAMRICK, 1983, BIERNASKI et al., 2012).

Nesse contexto, o presente estudo visa gerar informações sobre a diversidade genética da espécie *Euterpe edulis* Martius presente em fragmentos florestais da região do Caparaó e Sul Capixaba. O objetivo é quantificar a diversidade genética interpopulacional da espécie baseada na relação entre caracteres vegetativos e relacionados à produção de frutos para gerar informações que possam ser utilizadas em programas de melhoramento da espécie.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no período de agosto de 2012 a outubro de 2013, nas regiões Caparaó e Sul do Espírito Santo, em seis municípios onde foram identificados 20 fragmentos florestais (Tabela 1).

Nos diferentes fragmentos, foram amostrados aleatoriamente dez indivíduos de *Euterpe edulis* que possuíam pelo menos um cacho com cerca de 100 frutos maduros para serem colhidos. Entretanto, no estrato Guaçuí 4 foram avaliados oito genótipos, perfazendo um total de 198 plantas. As variáveis analisadas foram: massa de cem frutos (MCF) e massa de cem sementes (MCS) em gramas; rendimento em polpa (RP) em porcentagem; diâmetro do caule a 1,5 m do solo (D1,5), diâmetro do caule a 1,0 m do solo (D1,0) e diâmetro do caule a 0,5 m do solo (D0,5) em milímetros; número de cachos (NC); comprimento do cacho (CC) em centímetros; número de ráquias (NR); e altura até o cacho (AC) em metros.

Os dados obtidos foram analisados utilizando o modelo misto número 20 do programa Selegen REML/BLUB (RESENDE, 2002b). Esse modelo permite obter as médias corrigidas para o efeito genotípico. O modelo aditivo univariado utilizado no estudo pode ser escrito na forma matricial como em [1] e sua solução pode ser obtida pelas equações apresentadas em [2] (RESENDE, 2002b). A solução para os efeitos de $\hat{\mu}$ e \hat{g} apresentada em [2] depende das estimativas dos componentes de variância do erro ($\hat{\sigma}_e^2$) [3] e do ambiente permanente ($\hat{\sigma}_p^2$) [4], que normalmente são desconhecidas.

Segundo Resende (2002b), o método de máxima verossimilhança restrita (REML) é o mais indicado para estimativa de componentes de variância em estudos genéticos, pois, ao contrário do procedimento de máxima verossimilhança (ML), o método REML corrige o viés gerado pela perda de graus de liberdade. Além disso, as estimativas dos componentes de variância são sempre positivas. O procedimento REML envolve processo iterativo, sendo o algoritmo do tipo EM (“Expectation Maximization”) de Dempster et al. (1977) o utilizado no programa Selegen. Esse algoritmo possui como vantagem a precisão nas estimativas dos componentes de variância (RESENDE, 2002b).

Em [3] e [4] são mostrados os estimadores iterativos para a variância do erro e genotípica respectivamente, sendo que a estimativa da variância genotípica necessita de C^{22} [5] que é a sub-matriz da inversa generalizada da matriz dos coeficientes das equações de modelos mistos. Em seguida são apresentadas as estruturas de média e variâncias mostradas em [6], [7] e [8] (RESENDE, 2002b).

$$y = Xr + Zg + \varepsilon \quad [1]$$

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + I \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_e^2 \\ \hat{\sigma}_g^2 \end{pmatrix} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{r} \\ \hat{g} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix} \quad [2]$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{y'y - \hat{r}'X'y - \hat{g}'Z'y}{N - p(X)} \quad [3]$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{\hat{g}'\hat{g} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}(C^{22})}{S} \quad [4]$$

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + I \begin{pmatrix} \hat{\sigma}_e^2 \\ \hat{\sigma}_g^2 \end{pmatrix} \end{bmatrix}^G = C = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} \\ C^{21} & C^{22} \end{bmatrix} \quad [5]$$

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xr \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad [6]$$

$$\text{Var} \begin{bmatrix} y \\ g \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V & ZP & R \\ P'Z & P & 0 \\ R & 0 & R \end{bmatrix} \quad [7]$$

$$\begin{aligned} G &= I\sigma_g^2 \\ R &= I\sigma_e^2 \\ V &= ZGZ' + R \\ y | r, V &\sim N(Xr, V) \\ p | G, \sigma_g^2 &\sim N(0, G) \\ \varepsilon | R, \sigma_e^2 &\sim N(0, R) \end{aligned} \quad [8]$$

em que:

y = Vetor que possui a variável a ser analisada;

r = Vetor de efeitos de bloco assumidos como fixos e somados a média geral;

g = Vetor de efeitos genotípicos assumidos como aleatórios;

ε = Vetor de erros aleatórios;

X = Matriz de incidência para os efeitos fixos;

Z = Matriz de incidência para os efeitos genotípicos;

$\hat{\sigma}_e^2$ = Estimativa da variância residual;

$\hat{\sigma}_g^2$ = Estimativa da variância genotípica;

N = Número de observações;

$p(X)$ = Posto da matriz X ;

S = Número de colunas da matriz Z ;

tr = Operador de traço matricial;

C = matriz dos coeficientes das equações de modelos mistos;

G = Matriz de variância e covariância para os efeitos genotípicos;

R = Matriz de variância e covariância residual;

V = Matriz de variância e covariância y ;

I = Matriz identidade.

Após a obtenção das médias corrigidas foram estimadas as correlações genéticas entre as variáveis analisadas, utilizando-se o modelo número 102 do programa Selegen (RESENDE, 2002b). Esse modelo utiliza o estimador mostrado em [9].

$$\hat{r}_g = \frac{\text{cov}(\hat{X}_g, \hat{Y}_g)}{\sqrt{\left(\begin{matrix} \hat{\sigma}_{Xg}^2 & \hat{\sigma}_{Yg}^2 \end{matrix} \right)}} \quad [9]$$

em que:

\hat{r}_g = estimativa da correlação genética entre a variável X e Y ;

cov = operador de covariância;

\hat{X}_g = estimativa do valor genotípico para a variável X ;

\hat{Y}_g = estimativa do valor genotípico para a variável Y ;

$\hat{\sigma}_{\hat{X}_g}^2$ = estimativa da variância genética do valor genotípico estimado para a variável X ;

$\hat{\sigma}_{\hat{Y}_g}^2$ = estimativa da variância genética do valor genotípico estimado para a variável Y .

Posteriormente, as correlações genéticas serviram como base para o diagnóstico de multicolinearidade, no intuito de verificar se os dados atendiam à condição de multicolinearidade fraca proposta por Montgomery e Peck (1981), em que o número de condições, representado pela relação entre o maior e o menor autovalores associados à matriz de correlações genéticas entre as variáveis deve ser inferior a 100 ($NC < 100$) para evitar

prejuízos as análises multivariadas de trilha e de componentes principais realizadas na sequência.

Atendido o critério de multicolinearidade, foi realizada a análise de trilha no programa Genes (CRUZ, 2013), utilizando a matriz de correlações genéticas obtida pelo programa Selegen através do modelo 102. Esse programa utiliza um estimador de mínimos quadrados [10] para desdobrar as correlações em efeitos diretos e indiretos como mostrado em [11].

$$X'X\beta = X'y \quad [10]$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \hat{r}_{12} & \hat{r}_{13} & \dots & \hat{r}_{1j} \\ \hat{r}_{21} & 1 & \hat{r}_{23} & \dots & \hat{r}_{2j} \\ \hat{r}_{31} & \hat{r}_{32} & 1 & \dots & \hat{r}_{3j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{r}_{i1} & \hat{r}_{i2} & \hat{r}_{i3} & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{p}_{01} \\ \hat{p}_{02} \\ \hat{p}_{03} \\ \vdots \\ \hat{p}_{0i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{r}_{01} \\ \hat{r}_{02} \\ \hat{r}_{03} \\ \vdots \\ \hat{r}_{0i} \end{bmatrix} \quad [11]$$

em que:

$X'X$ = matriz de correlações genéticas entre variáveis explicativas;

β = coeficientes da análise de trilha;

$X'y$ = correções genéticas da variável de efeito principal com as variáveis explicativas.

A estimação das componentes principais foi realizada no programa R (TEAM, 2013) resolvendo o sistema mostrado em [12], utilizando-se a matriz de covariância entre médias (S) [13] (CRUZ et al., 2012) obtida através das variáveis em estudo, que tiveram suas médias corrigidas com o efeito fenotípico permanente (genotípico + ambiente permanente).

$$|\hat{S} - \lambda I| = 0 \quad [12]$$

$$\hat{S} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11}^2 & \hat{\sigma}_{12} & \hat{\sigma}_{13} & \cdots & \hat{\sigma}_{1p} \\ \hat{\sigma}_{21} & \hat{\sigma}_{22}^2 & \hat{\sigma}_{23} & \cdots & \hat{\sigma}_{2p} \\ \hat{\sigma}_{31} & \hat{\sigma}_{32} & \hat{\sigma}_{33}^2 & \cdots & \hat{\sigma}_{3p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\sigma}_{p1} & \hat{\sigma}_{p2} & \hat{\sigma}_{p3} & \cdots & \hat{\sigma}_{pp}^2 \end{bmatrix} \quad [13]$$

em que:

\hat{S} = estimativa da matriz de variâncias e covariâncias entre médias;

λ = autovalores;

I = matriz identidade;

$\hat{\sigma}^2$ = estimativa da variância;

$\hat{\sigma}$ = estimativa da covariância.

Posteriormente, foi realizada a análise de correspondência no programa R (TEAM, 2014) na tentativa de verificar a existência de relação entre o tamanho dos frutos e os fragmentos florestais onde foram feitas as coletas, através de uma dispersão gráfica. Os frutos foram classificados em extragrandes (GG), grandes (G), médios (M) e pequenos (P) com base nos quartis 4º, 3º, 2º e 1º, respectivamente.

5.3 RESULTADOS

Estimativas de correlações genéticas entre as 10 características em estudo foram obtidas (Tabela 10), sendo observado altos valores positivos entre os caracteres MCF x MCS (0,95), D1,5 x D1,0 e D1,5 x D0,5 (0,99 e 0,97, respectivamente) (Tabela 10). A característica MCF correlacionou-se de forma positiva com a característica NR (0,44) e negativa com NC (-0,35). Isto demonstra que quanto maior a massa de cem frutos maior o número de ráquias e menor o número de cachos. Outras associações positivas e altas ocorrem ao comparar as estimativas de correlação genética entre NR x CC (0,56) e NR x AC 90,56).

Tabela 10 - Matriz de Correlação Genética das características massa de cem frutos (MCF), massa de cem sementes (MCS), rendimento em polpa (RP), diâmetro a 1,5 m do solo (D1,5), diâmetro a 1,0 m do solo (D1,0), diâmetro a 0,5 m do solo (D0,5), número de cachos (NC), comprimento do cacho (CC), número de ráquias (NR) e altura até o cacho (AC) de 20 fragmentos de *Euterpe edulis*.

Características	MCF	MCS	RP	D1,5	D1,0	D0,5	NC	CC	NR	AC
MCF	1,00	0,95	0,03	0,38	0,40	0,36	-0,35	0,16	0,44	0,39
MCS		1,00	-0,28	0,43	0,45	0,40	-0,38	0,18	0,52	0,42
RP			1,00	-0,15	-0,14	-0,12	0,20	-0,10	-0,36	-0,21
D1,5				1,00	0,99	0,97	-0,20	0,65	0,61	-0,01
D1,0					1,00	0,99	-0,28	0,60	0,59	0,00
D0,5						1,00	-0,33	0,58	0,55	-0,04
NC							1,00	-0,02	-0,27	-0,11
CC								1,00	0,56	0,03
NR									1,00	0,56
AC										1,00

O diagnóstico de multicolinearidade realizado com base nas correlações genéticas revelou um número de condições (NC) (relação entre o maior e o menor autovalor) que condiciona multicolinearidade moderada a forte, podendo trazer prejuízos às análises multivariadas realizadas. Devido a este problema procedeu-se o descarte de variáveis para que o NC se tornasse inferior a 100, atingindo assim a condição de multicolinearidade fraca. As variáveis MCS, D1.5 e D1.0 foram as candidatas ao descarte, após sua retirada o número de condições baixou e então procedeu-se com as análises de trilha e de componentes principais.

Na análise de trilha das estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos seis caracteres relacionados à MCF, observa-se que o caractere que mais afeta este componente é NR, com efeitos diretos positivos e de magnitude razoável quando comparada aos efeitos das demais (Tabela 11). Como consequência deste maior efeito direto, ela deve ser considerada em avaliações da palmeira juçara, pois pode promover consideráveis ganhos genéticos indiretos para a massa de cem frutos.

Tabela 11 - Estimativa de efeitos diretos e indiretos das variáveis dependentes rendimento em polpa (RP) em porcentagem, diâmetro a 0,5 m do solo (D0,5) em centímetros, número de cachos (NC), comprimento do cacho (CC) em centímetros, número de ráquias (NR) e altura até o cacho (AC) em metros, sobre a variável principal massa de cem frutos (MCF) através da análise de trilha baseada nas correlações genéticas obtidas de 20 fragmentos de *Euterpe edulis*.

EFEITOS	RP	D0,5	CC	NC	NR	AC
EFEITO direto sobre MCF	0,196	0,086	-0,303	-0,226	0,580	-0,288
EFEITO indireto via RP	---	-0,024	-0,019	0,039	-0,071	-0,046
EFEITO indireto via D0,5	-0,011	---	0,049	-0,028	0,047	-0,024
EFEITO indireto via CC	0,029	-0,174	---	0,008	-0,169	0,104
EFEITO indireto via NC	-0,045	0,074	0,006	---	0,060	0,006

EFEITO indireto via NR	-0,211	0,318	0,323	-0,154	---	0,019
EFEITO indireto via AC	0,067	0,080	0,099	0,008	-0,010	---

O caráter NR é a principal determinante na variação da massa de cem frutos e a seleção direta poderá ser eficaz, dependendo de suas estimativas da herdabilidade. Os efeitos indiretos causados pela NR foram marcantes para a maioria dos caracteres avaliados, em especial sobre CC (Tabela 11). No estudo referente aos componentes principais observa-se que os dois primeiros componentes principais, massa de cem frutos (CP1) e número de ráquulas (CP2), explicaram 96,1% da variação total (Figura 2). Assim, o estudo de dispersão gráfica dos fragmentos foi realizado no plano bidimensional.

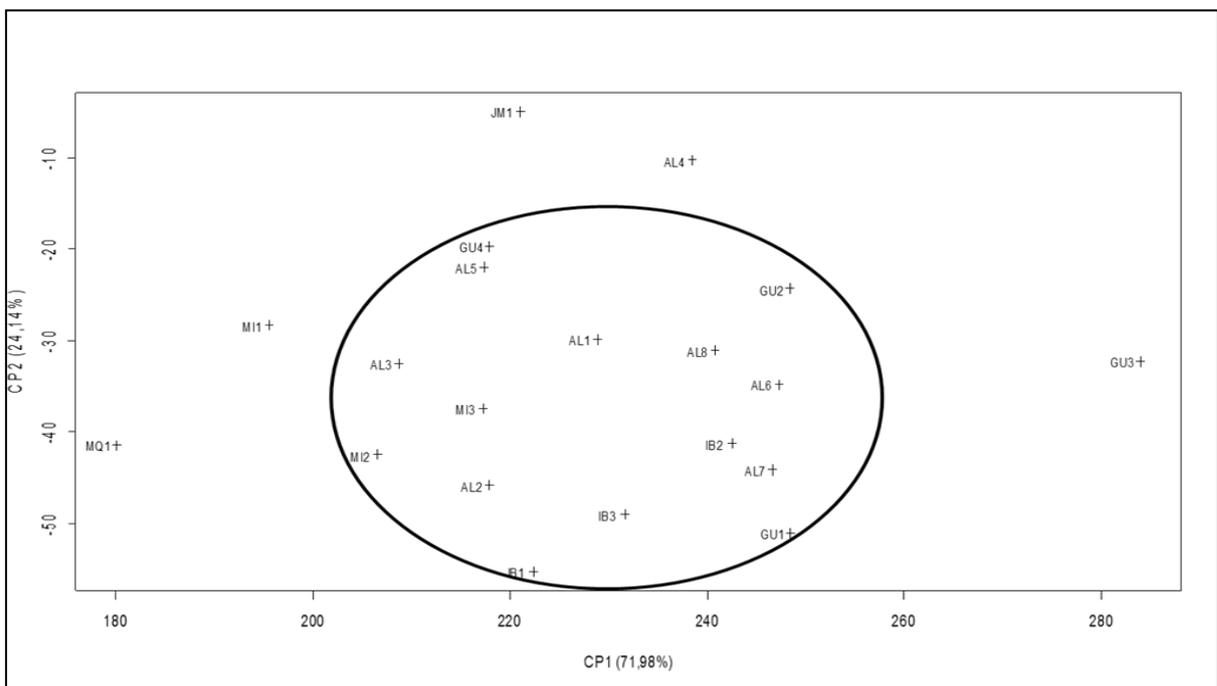


Figura 2 - Dispersão gráfica dos escores dos dois primeiros componentes principais, massa de cem frutos (CP1) e número de ráquulas (CP2) para 20 fragmentos florestais de *Euterpes edulis*.

De modo geral, apesar da separação geográfica, observa-se que a maioria dos fragmentos (Alegre 1, 2, 3, 5, 6, 7 e 8, Guaçuí 1, 2 e 4, Ibitirama 1, 2 e 3 e Mimoso 2 e 3) concentram-se próximos no centro da Figura 2, mostrando-se menos divergentes entre si. Entretanto, nota-se cinco fragmentos dispersos que são: GU3 a direita, AL4 e JM1 na parte superior e MI1 e MQ1 a esquerda. Essa dispersão dos cinco fragmentos oriundos de municípios diferentes confirma a grande divergência genética interpopulacional dos mesmos.

O estudo de análise de correspondência para a variável massa de cem frutos, considerada uma das principais entre os dez caracteres estudados, observa-se uma concentração dos fragmentos estudados no peso considerado grande (184,14 g a 211,53 g), formando um grupo composto por 15 fragmentos oriundos de cinco municípios diferentes

(Figura 3 círculo grande). Observa-se também que os fragmentos Guaçuí 2 (GU2), Guaçuí 3 (GU3) e Alegre 4 (AL4) em destaque (Figura 3 círculo pequeno), possuem indivíduos produtores de massa de cem frutos extragrandes (211,54 g a 352,24 g) o que os tornam importantes fontes de seleção para essa característica.

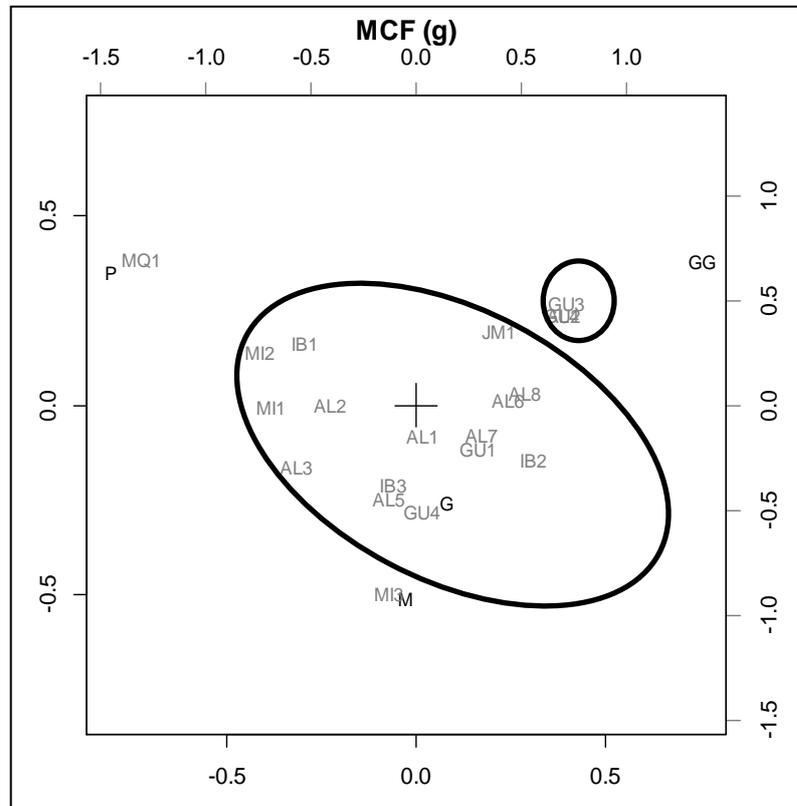


Figura 3 - Análise de correspondência entre as populações e as classificações de sementes obtidas pelos quartis de cada variável (extragrande (GG), grande (G), média (M), pequena (P)) em 20 fragmentos de *Euterpe edulis*.

5.4 DISCUSSÃO

Os expressivos valores de correlação genética (próximos de 1) entre as características MCF x MCS (0,95), D1,5 x D1,0 e D1,5 x D0,5, demonstram o potencial destas para aplicação em programas de melhoramento. A seleção baseada em qualquer uma dos cinco caracteres poderá proporcionar alterações nos demais, uma vez que esses caracteres apresentam correlação positiva em palmáceas (OLIVEIRA et al., 2000).

A correlação positiva entre a MCF e o NR também foi observada por Farias Neto et al. (2008) ao avaliar um ano de produção em progênies de polinização aberta de *Euterpe oleraceae* (açazeiro), cultivadas em sistema irrigado. Estimativas de correlações genéticas obtidas por esses autores foram próximas (0,49). Desta forma a seleção simultânea desses caracteres pode fornecer ganhos na produção de frutos de forma eficiente.

Verifica-se pela análise de trilha que a característica NR é a mais influente sobre a MCF. A seleção direta poderia ser realizada para NR e assim obter ganhos simultâneos para MCF, desde que a herdabilidade de NR fosse satisfatória. Teixeira et al. (2012), avaliando *Euterpe oleraceae* (açai), o número de cachos colhidos e o peso de frutos por cacho foram os caracteres mais influentes, com efeitos diretos semelhantes e coeficientes de caminhamento superiores a correlação com a produção de frutos. Este resultado reforça a importância da variável MCF no processo seletivo para incremento da produção do *Euterpe oleraceae* (açai) (TEIXEIRA et al., 2012), pois tem relação direta com outras variáveis.

A característica NR tem um efeito indireto importante sobre as demais, em especial o CC. Este não é o primeiro estudo a verificar a influência do número de ráquias do cacho sobre a produção de frutos em palmeiras. Teixeira et al. (2012), evidenciaram que esse é um caráter que pode aumentar o progresso genético na produção de frutos, uma vez que possui elevado efeito direto em um dos principais determinantes da produção e sofre menor influência do ambiente. Farias Neto et al. (2008), também estudando açai, constataram altas estimativas da herdabilidade para esse caráter, o que reforça a pouca influência do ambiente no número de ráquias do cacho.

A análise de dispersão gráfica via plano bidimensional foi possibilitada pelo fato de que apenas dois componentes conseguiram explicar 91,6 % da variação total. Para Cruz et al. (2012), o acúmulo de 80% da variação total já é suficiente para o estudo de diversidade. Além disso, a existência da divergência se confirma pelo acúmulo de grande parte da variação total nos primeiros componentes. A característica que mais influenciou para a discriminação das plantas no primeiro e segundo componentes principais foi MCF e NR.

A Figura 2 demonstra uma proximidade entre os indivíduos de diferentes fragmentos florestais. Esta proximidade pode acarretar na diminuição da variabilidade genética interpopulacional, reduzindo na capacidade de adaptação às mudanças ambientais, devido ao aumento do cruzamento entre indivíduos aparentados (YOUNG et al., 1996; YOUNG; BOYLE, 2000).

A análise de correspondência na Figura 3 aponta dois fragmentos no município de Guaçuí com grande potencial para produção de frutos extragrandes. Ao compararmos com Alegre que teve oito fragmentos avaliados e apenas um com frutos extragrandes, provando o potencial dos fragmentos do município de Guaçuí em relação aos demais. A massa de cem frutos médios (163,04 a 184,14 g) parece ser uma característica única do fragmento Mimoso do Sul 3 (MI3). Outro fragmento que se isolou entre os 20 estudados é o Muqui 1 (MQ1) que tem como característica a massa de cem frutos pequenos (90,160 g a 163,035 g).

5.5 CONCLUSÕES

A correlação genética entre os caracteres MCF x NR (0,44) é positiva. A característica NR é a principal determinante na variação da MCF e a seleção indireta poderá ser eficaz, dependendo de suas estimativas da herdabilidade.

Os fragmentos GU3, AL4, JM1, MI1 e MQ1 oriundos de municípios diferentes são os que apresentam maior divergência genética interpopulacional entre os 20 fragmentos estudados.

Os fragmentos GU2, GU3 e AL4 possuem indivíduos produtores de massa de cem frutos extragrandes (211,54 a 352,24 g) o que os tornam importantes fontes de seleção para utilização em programas de melhoramento genético da palmeira juçara visando a produção de polpa de fruta.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIERNASKI, F. A. et al. Variabilidade genética para caracteres juvenis de progênies de *Cedrela fissilis* VELL.: subsídio para definição de zonas de coleta e uso de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 1, p. 49-58, 2012.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013.
- BRANCALION, P. H. S.; VIDAL, E.; LAVORENTI, N. A.; BATISTA, J. L. F.; RODRIGUES, R. R. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 284, 78–85, 2012b.
- BRASIL. Instrução Normativa Nº 6 de 23 de setembro de 2008. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 de set. 2008. Seção 1, n. 185, p. 75-83.
- CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 514p.
- CRUZ, C. D. et al. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 514p.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

DEMPSTER, A. P. et al. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. **Journal of the Royal Statistic Society**, London, v.39, p.1-38, 1977.

DRUMOND, M. A. **Prioridades para Investimento do Fundo para Áreas Protegidas da Mata Atlântica**. Relatório informativo do Critical Ecosystem Partnership Fund – CEPF. 2009. Disponível em: <www.cepf.net/Documents/Prioridades_de_Investimentos_IMAP.pdf>. Acesso e: 18 nov. 2013.

FADINI, R. F.; FLEURY, M.; DONATTI, C. I.; GALETTI, M. Effects of frugivore impoverishment and seed predators on the recruitment of a keystone palm. **Acta Oecologica**, v. 35, p. 188-196, 2009.

FARIAS NETO, J. T. de. et al. Estimativas de parâmetros genéticos e ganhos de seleção em progênies de polinização aberta de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1051-1056, 2008.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora**, 204, 131-145, 2009.

HAMRICK, J.L. The distribution of genetics variation within and among natural plant populations. In: SCHONEWALD-COX, C.M.; CHAMBERS, S.M.; MACBRYDE, B.; THOMAS, W.L. (Eds.). **Genetic and conservation**. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1983. p. 335-348.

LIMA, L. S. H. et al. Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 461-470, 2008.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York : J. Wiley, 1981. 504p.

OLIVEIRA, M. S. P. de et al. Correlação fenotípica entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 1-5, 2000.

PEDEAG. Espírito Santo (Estado). **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura: novo PEDEAG 2007-2025**. Vitória: Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG), 2009.

- REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes do palmitheiro. **Sellowia**, n. 49-52, p. 60-92, 2000.
- RESENDE, M. D. V. (2002b). **Selegen-REML/BLUP Seleção genética computadorizada: manual do usuário**. Colombo: Embrapa (CNPQ), 67 p. 2002b.
- ROBERTI, F. A. V. V.; RANCURA, K. G. O. **A mata atlântica como instrumento de ensino**. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo, 2010.
- ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G.; SILVA, F. C. G.; MILITÃO, J. S. L. T. Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-mansão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 44-50, 2012.
- ROCHELLE, A. L. C. et al. Tree community structure in an Atlantic forest fragment at Serra do Mar State Park, southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 2, 2011.
- SEOANE, C. E. S. Efeitos da fragmentação florestal sobre o sistema de reprodução e a imigração de sementes em remanescentes populacionais de *Euterpe edulis* Martius. **Documentos**, Colombo-PR, n. 152, out. 2007.
- SHIMIZU, M. M.; MELO, G. A.; SANTOS, A. B.; BOTTCHEER, A.; CESARINO, I; ARAÚJO, P.; MOURA, J. C. M. S.; MAZZAFERA, P. Enzyme characterisation, isolation and cDNA cloning of polyphenol oxidase in the hearts of palm of three commercially important species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, p. 970-977, 2011.
- TEAM, R. C. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2014.
- TEIXEIRA, D. H. L. et al. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1135-1142, Dezembro 2012.
- YOUNG, A. et al. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends Ecology Evolutionary**, Oxford, v.11, n.10, p. 413-418, 1996.
- YOUNG, A.; BOYLE, T. Forest fragmentation. In: YOUNG, A.; BOYLE, T.; BOSHIER, D. (Ed.). **Forest conservation genetics**. Melbourne: CISRO, 2000, p. 123-132.