



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**JOÃO PEDRO RENA CANUTO GOMES**

**ANÁLISE GENÉTICA PARA MELHORAMENTO E CONSERVAÇÃO  
DA CANDEIA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Prof. Dr. **ROGÉRIO LUIZ DA SILVA**  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
MARÇO – 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**JOÃO PEDRO RENA CANUTO GOMES**

**ANÁLISE GENÉTICA PARA MELHORAMENTO E CONSERVAÇÃO  
DA CANDEIA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. **ROGÉRIO LUIZ DA SILVA**  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
MARÇO – 2023

**ANÁLISE GENÉTICA PARA MELHORAMENTO E CONSERVAÇÃO  
DA CANDEIA NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**JOÃO PEDRO RENA CANUTO GOMES**

APROVADA EM: 02/03/2023

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. ROGÉRIO LUIZ DA SILVA – UFRRJ  
Orientador

---

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO – UFRRJ  
Membro

---

Prof. Dr. NATANE AMARAL MIRANDA – UFRRJ  
Membro

## AGRADECIMENTOS

É com muita gratidão que dedico este texto a todos que me acompanharam até o momento da realização deste trabalho.

Minha gratidão ao professor Rogério, por ter me dado a oportunidade de fazer o trabalho com ele e me orientar no desenvolvimento do mesmo, contribuindo para meu crescimento pessoal e acadêmico.

Aos professores da banca, Emanuel e Natane, por aceitarem contribuir com este trabalho.

Além de todos os professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que se dispuseram a me ensinar e compreender a ciência florestal.

Ao Lucas, por compartilhar os dados do experimento de sua tese de doutorado, que foram de suma importância para o meu trabalho.

A minha mãe e meu pai, Claudia e Felipe, por me financiarem e sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis.

Além dos meus irmãos, Felipe, Natalia, Abílio e Juliana. Obrigado por todo o amor, suporte e incentivo.

E da minha namorada, Jenifer, que foi uma fonte de força e inspiração durante todo o tempo da minha jornada acadêmica.

Quero agradecer aos meus queridos parceiros de turma, em especial ao Bruno, que me ajudou em diversas disciplinas.

Uma enorme gratidão ao time de Rugby da faculdade, por todas as experiências dentro e fora de campo, ajudando a manter minha saúde em dia.

Por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer aos diversos amigos que fiz na universidade, como a galera do Cortiço, do Dota e os amigos que fiz na Zootecnia. Vocês tornaram minha jornada ainda mais memorável e me ajudaram a crescer como pessoa.

A todos vocês, meu mais sincero agradecimento. Sem a ajuda, o apoio e o carinho de vocês, eu não teria chegado até aqui.

## RESUMO

A candeia possui uma importância ecológica e é valorizada por seus múltiplos usos. Dessa forma, o trabalho propõe avaliar geneticamente um teste de procedência/progênie de candeia, buscando contribuir tanto para o melhoramento genético quanto para a conservação da espécie. Utilizando-se dados de um teste de progênie/procedência realizado no município de Baependi – MG, formado por sementes de 116 matrizes de cinco regiões diferentes, foi realizada no experimento a avaliação do diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores e posteriormente processado a seleção com a metodologia REML/BLUP e a partir dela, a otimização em função da endogamia e do tamanho efetivo populacional, com restrição ao número máximo de indivíduos por progênie em, 10, 5, 2 e 1, com o software Selegen. Ordenando os indivíduos e correlacionando-os entre as análises. Para a análise de melhoramento, os 40 melhores indivíduos apresentaram um incremento de 63,37% na média do diâmetro a altura do peito (DAP). Já com as restrições de 10, 5, 2 e 1, o aumento foi de, respectivamente, 63,5%, 61,3%, 55% e 49,3%. O número de indivíduos para se obter um valor de  $N_e$  ideal, em cada análise foi de 296 (seleção sem restrição ao número de indivíduos) e 137, 90, 61 e 50 para a otimização com restrição do número máximo de respectivamente, 10, 5, 2 e 1 indivíduos por progênie. Por fim, verificou-se que desses 137, 90, 61 e 50 melhores indivíduos de cada análise feita a partir da otimização com restrição, 60%, 38%, 28% e 18% foram os mesmos 137, 90, 61 e 50 dos melhores indivíduos da seleção sem restrição. Concluindo-se que realizando a seleção com restrição de no máximo 5 indivíduos por progênie, além de obter-se um tamanho efetivo mais adequado, apresenta uma alta correlação entre os melhores indivíduos para conservação e para o melhoramento.

**Palavras-chave:** Seleção. Tamanho efetivo. *Eremanthus erythropappus*

## ABSTRACT

The candeia tree has ecological importance and is valued for its multiple uses. Thus, this work proposes to genetically evaluate a provenance/progeny test of candeia, seeking to contribute both to genetic improvement and species conservation. Using data from a progeny/provenance test carried out in the municipality of Baependi - MG, composed of seeds from 116 matrices from five different regions, the experiment evaluated the diameter at breast height (DBH) of the trees and subsequently processed the selection using the REML/BLUP methodology. From this, optimization was performed based on inbreeding and effective population size, with a restriction on the maximum number of individuals per progeny at 10, 5, 2, and 1, using the Selegen software. Individuals were sorted and correlated between the analyses. For the improvement analysis, the 40 best individuals showed an increase of 63.37% in the DBH mean. With the restrictions of 10, 5, 2, and 1, the increase was 63.5%, 61.3%, 55%, and 49.3%, respectively. The number of individuals required to obtain an ideal  $N_e$  value in each analysis was 296 (selection without restriction on the number of individuals) and 137, 90, 61, and 50 for optimization with a restriction on the maximum number of individuals per progeny, respectively. Finally, it was found that of these 137, 90, 61, and 50 best individuals from each optimization analysis with restrictions, 60%, 38%, 28%, and 18% were the same 137, 90, 61, and 50 best individuals from the selection without restriction. It was concluded that selection with a maximum of 5 individuals per progeny, in addition to obtaining a more adequate effective size, presents a high correlation between the best individuals for conservation and improvement.

**Keywords:** Selection. Effective size. *Eremanthus erythropappus*

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1. Eremanthus erythropappus (DC.) MacLeish .....	2
2.2. Melhoramento e conservação genética .....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	7
3.1. Caracterização do Experimento.....	7
3.2. Coleta de Dados .....	8
3.3. Seleção dos materiais genéticos.....	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
4.1. Seleção de Procedências .....	10
4.2. Seleção de Progenies.....	10
4.3. Seleção de melhores indivíduos sem restrição.....	11
4.4. Seleção de melhores indivíduos com restrição.....	15
4.5. Relações entre melhoramento e conservação .....	18
5. CONCLUSÃO .....	20
6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas geográficas UTM (latitude – Lat; e longitude – Lon), temperatura média anual (T) e altitude média (Alt) dos locais onde foram coletados os materiais genéticos de candeia. ....	7
Tabela 2. Ranqueamento das procedências de candeia em função do ganho genotípico (g) para a variável diâmetro a altura do peito (DAP) em cm, calculados aos cinco anos e meio de idade em Baependi, MG. $\bar{u}$ – média de DAP total do povoamento. ....	10
Tabela 3. Relação das melhores progênies avaliadas aos cinco anos e meio de idade em Baependi, MG, para a variável DAP, em função dos efeitos aditivos (a). ....	11
Tabela 4. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, sem restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ); $f$ – valor fenotípico individual; $a$ – efeito genético aditivo predito; $N_e$ – tamanho efetivo populacional. ....	12
Tabela 5. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos genotípicos totais (g); $d$ – efeito genético de dominância predito; $g = a + d$ – efeito genotípico predito. ....	13
Tabela 6. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), admitindo no máximo 10 indivíduos por progênie. ....	15
Tabela 7. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), admitindo no máximo 5 indivíduos por progênie. ....	16
Tabela 8. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), admitindo no máximo 2 indivíduos por progênie. ....	16
Tabela 9. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), admitindo no máximo 1 indivíduo por progênie. ....	17
Tabela 10. Ordenamento dos indivíduos, sem restrição ao tamanho efetivo até alcançar valor $N_e$ de 50. ....	18
Tabela 11. Relação entre os ordenamentos dos nove melhores indivíduos de cada cenário de restrição de número máximo de indivíduos por progênie em relação aos nove melhores indivíduos sem restrição. ....	19



## 1. INTRODUÇÃO

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é uma espécie pioneira na sucessão ecológica e se desenvolve em solos pouco férteis e rasos, sendo comum em áreas montanhosas de diversos municípios de Minas Gerais. A espécie possui múltiplos usos, sendo utilizada como moirão de cerca devido a sua alta resistência e também para a extração de um óleo essencial com propriedades medicinais e cosméticas, o que a torna muito valorizada no mercado.

Portanto, esse fator tem feito que o extrativismo da candeia seja uma atividade frequente e que ocorre de forma desordenada e predatória, gerando uma seleção artificial para a extração de seus melhores indivíduos, reduzindo assim a base genética das populações remanescentes, o que pode levar a seleção disgênica e à perda da diversidade genética.

O melhoramento genético da espécie tem sido uma área crescente de pesquisa, visando desenvolver variedades de plantas com características desejáveis, como maior produtividade, resistência a doenças e pragas e maior teor de alfa-bisabolol. Contribuindo para o desenvolvimento da indústria de perfumes e cosméticos e gerando uma boa opção de fonte de renda para as comunidades locais.

Além disso, a conservação da candeia também é fundamental devido à sua importância ecológica. Os programas genéticos podem desempenhar um papel importante na conservação da espécie, identificando populações de interesse, avaliando a diversidade genética da candeia, desenvolvendo estratégias eficazes para sua preservação e evitando a perda de alelos raros importantes para a adaptação da espécie ao ambiente, mantendo assim um banco de materiais genéticos propícios a melhorias contínuas.

Desta maneira, este trabalho tem como objetivo avaliar geneticamente um teste de procedência/progênie de candeia visando tanto o melhoramento genético quanto a conservação da espécie, já que se obtendo as melhores procedências e progênies pode-se ter noção das sementes de qual local e de quais indivíduos propagar. Além de avaliar a possibilidade de conciliar esses dois objetivos tão importantes em um mesmo estudo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish

Pertencente à família Asteraceae, a espécie é conhecida também como candeia, possui esse nome devido a combustão da madeira, e até mesmo das folhas, que produz uma chama clara e brilhante semelhantes as candeias, sua combustão deixa poucos resíduos devido a presença do óleo essencial (ARAÚJO, 1944), composto basicamente por alfa-bisabolol que possui propriedades antibacterianas, anti-inflamatórias, antimicóticas, entre outras (TEIXEIRA et al., 1996).

Geralmente a candeia tem sua maior incidência em campos e cerrado, bordas de morro e capões de mata, seu fuste não fica muito comprido e sempre ocorre uma grande emissão de galhos ou então retorcidos pelo vento. Entretanto em plantios uniformes a candeia apresenta maior altura, fuste regular e mais longo, essas características são obtidas devido a diminuição da competição entre os indivíduos (CÂNDIDO, 1991).

Possuindo raiz do tipo pivotante, sem afloramento e nem grandes dilatações na base do tronco a candeia tem um rápido crescimento radicular, também tem boa adaptação a solos rasos e tem grande potencial para impedir a erosão do solo (CETEC - MG, 1994). Apresenta folhas simples, opostas com pilosidade cinérea e com uma característica marcante que é a dupla coloração, sendo verde e glabra na parte superior e apresentando um tom esbranquiçado na parte inferior (CORRÊA, 1931).

As flores são hermafroditas e se apresentam em inflorescências de cor púrpura nas extremidades dos ramos. O fruto é do tipo aquênio, com superfície cilíndrica e com dez arestas, de cor pardo-escura, com aproximadamente 2 mm de comprimento e cada fruto contém uma só semente (ARAÚJO, 1944).

Sua madeira é branco-acinzentada com grã mais escura, dura, compacta, resistente à umidade e à putrefação, pesada e lisa. Os anéis de crescimento são perceptíveis, enquanto o albarno e o cerne não se diferenciam a olho nu. Seu peso específico é de 0,912 g/cm<sup>3</sup>, apresentando resistência ao esmagamento: carga perpendicular 339 kg/cm<sup>2</sup> e carga paralela 472 kg/cm<sup>2</sup> (CORRÊA, 1931). A madeira da candeia é conhecida como “madeira branca”, sendo bastante resistente ao apodrecimento e ao ataque de cupins e bactérias do solo devido a grande concentração de extrativos.

Possuindo um odor peculiar e intenso a madeira da candeia lembra a essência de valeriana e o ácido valeriânico (RIZZINI, 1979). Esse odor é devido a substância oleosa que é

exsudada pelo lenho, que em contato com o ar se solidifica, tornando algo parecido ao cerume (ARAÚJO, 1944).

A candeia é considerada uma planta heliófila sendo precursora na invasão dos campos, colonizando solos pobres, arenosos e até mesmo pedregosos (RIZZINI, 1979 ). Em locais de baixa fertilidade e áreas declivosas a candeia demonstra um crescimento mais lento em comparação com solos sem limitações (CÂNDIDO, 1991). Acredita-se que essa espécie se concentra em regiões com baixa fertilidade e alta incidência de luz, uma vez que outras espécies arbóreas não conseguem se estabelecer em locais com essas mesmas condições (CETEC - MG, 1994). Se desenvolvendo em sítios com solos pouco férteis, rasos e, predominantemente, em áreas com altitude entre 900 e 1.800m. Sendo uma espécie pioneira na sucessão ecológica, se estabelecendo em áreas degradadas (GOMES et al., 2019). Muito comuns na região de Minas Gerais, principalmente, em áreas montanhosas de diversos municípios (SCOLFORO et al., 2008).

Além de sua importância ecológica, a candeia tem recebido muita atenção devido ao seu valor econômico. Já que é utilizada para fins diversos, entre eles, como moirão de cerca devido à sua alta resistência, e também para a extração de um óleo essencial com propriedades medicinais e cosméticas, possuindo alta demanda no mercado (SANTOS et al., 2008; SCOLFORO et al., 2012). A espécie demonstra possuir múltiplos usos, dessa forma, detém grande potencial econômico (MORI et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2011; MELO et al., 2012).

Sendo rica em alfa-bisabolol a madeira da candeia possui em grande valor no mercado farmacêutico por possuir propriedades antibacterianas, antiflogísticas, dermatológicas e antimicóticas (GALDINO, 2006).

O alfa-bisabolol (C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>O) foi isolado, primeiramente, por Isaac e Thiemer (1975), em flores de camomila (*Matricaria chamomilla*). Conceitualmente, é um álcool sesquiterpênico, monocíclico, insaturado e opticamente ativo, obtido da destilação direta de óleos naturais (KAMATOU; VILJOEN, 2010). Sendo amplamente utilizado em diversas formulações como loção pós-barba, desodorantes, protetor solar, produtos infantis e antitranspirantes.

O peso do óleo essencial extraído do fuste da candeia aumenta com o aumento da classe diamétrica da mesma, ou seja, a quantidade de óleo extraído de 1 m<sup>3</sup> sólido de madeira de árvores de DAP (entre 5 e 10 cm) é em torno 6 kg e de madeira de árvores de DAP (entre

40 e 45 cm) é de cerca de 11 kg. Assim, o alfa-bisabolol apresenta-se como um composto viável para exploração (SCOLFORO et al. 2004).

Pérez (2001) encontrou que para cada hectare de candeia explorado, seguindo um sistema de manejo sustentável, produzirá, em média, 110,783 kg de óleo, que reverterá renda extra de R\$1.537,49/ha ao agricultor. Oliveira et al. (2009) concluíram que a venda da madeira de candeia seria mais lucrativa para os produtores rurais se feita diretamente aos fabricantes, ou seja, sem intermediários.

Devido a essas circunstâncias, o extrativismo da candeia vem sendo uma atividade tradicional em algumas regiões do país, porém, em muitos casos, ocorre de forma desordenada e predatória, ameaçando a sobrevivência da espécie (SANTOS et al., 2014). O processo de extração é feito geralmente por meio da poda de arbustos, com retirada de grande parte da copa da planta. Essa prática pode prejudicar o crescimento e a regeneração da candeia, reduzindo a produtividade e a diversidade genética da população (BRITO et al., 2020). Além disso, a utilização de fogo para a limpeza dos locais de coleta e o desmatamento para a expansão de áreas agrícolas são práticas que contribuem para a degradação do habitat da candeia (RODRIGUES et al., 2018).

Portanto, a candeia vem sofrendo uma seleção feita de maneira artificial, selecionando os melhores indivíduos para sua extração promovendo assim, uma seleção disgênica (JENNINGS et al., 2001; LEMES et al., 2003), fazendo com que a população remanescente seja constituída de indivíduos classificados como inferiores.

A disponibilidade limitada de matérias-primas, baixa produtividade das plantas, falta de resistência a doenças e pragas e a variabilidade genética, estão sendo fatores limitantes da produtividade da espécie. Para superar essas limitações, o melhoramento genético da candeia, tem sido uma área crescente de pesquisa, visando desenvolver variedades de plantas com características desejáveis, como maior produtividade, resistência a doenças e pragas e maior teor de alfa-bisabolol (MARINOT, 2011; AVELAR, 2021).

Ademais, a conservação da candeia também é fundamental devido à sua importância ecológica. Sendo um desafio complexo que envolve uma série de medidas de proteção da espécie e do seu habitat natural (SANTOS et al., 2017). Onde, os programas genéticos podem desempenhar um papel importante, através da utilização de ferramentas e análises genéticas para avaliar a diversidade genética da candeia, identificar populações de interesse e desenvolver estratégias eficazes para conservação da espécie (GOMES et al., 2019).

Os programas genéticos para a conservação da candeia devem considerar a variabilidade genética existente nas populações naturais da espécie, visando preservar o máximo possível da diversidade genética e evitar a perda de alelos raros e importantes para a adaptação da espécie ao ambiente (KRUSCHE e GEBUREK, 1991).

## **2.2. Melhoramento e conservação genética**

Com as descobertas realizadas por Mendel no início do século XX associadas a estudos de genética, a ciência causou um grande impacto no melhoramento de plantas. Os estudos sobre hereditariedade junto com estudos de estatística genética e quantitativa iniciados por Ronald Fisher, em 1981, foi o que possibilitou a criação de técnicas para o melhoramento vegetal (MARINO, 2006).

No Brasil, os estudos de melhoramento genético florestal se iniciaram na década de 1940, os estudos foram realizados pelo Instituto de Florestas de São Paulo (SIQUEIRA; NOGUEIRA; KAGEYAMA, 1993). Entretanto apenas em 1967 ocorreu um maior desenvolvimento, devido ao aumento de plantios florestais estimulado pelas leis de incentivos fiscais ao reflorestamento (RESENDE, 2002).

Para a candeia, sugere-se que a seleção e o cruzamento de indivíduos promissores podem ser efetivos para a obtenção de progênes superiores (FONSECA et al., 2012). Entretanto, é necessário considerar a complexidade genética da espécie, bem como as interações entre genótipo e ambiente, a fim de obter resultados mais precisos e efetivos no melhoramento genético da candeia (SOARES et al., 2019).

Diversos estudos têm sido realizados também para entender a diversidade genética, estrutura populacional e estratégias de conservação da candeia. Alguns pontos importantes são observados por Silva et al. (2016) apontando a importância de se realizar estudos de diversidade genética para entender a variabilidade da espécie e estabelecer estratégias de conservação. Alves-Pereira et al. (2017) destacando a necessidade de se realizar o manejo adequado da espécie para garantir a sua sobrevivência, assim como a importância de se criar bancos de sementes e mudas para fins de conservação. Já Lopes et al. (2020) ressaltando a importância da restauração ecológica como estratégia para aumentar a disponibilidade de habitat e a conectividade entre populações, reduzindo os efeitos negativos da fragmentação do habitat sobre a espécie.

A conciliação de um programa de melhoramento genético de espécies arbóreas com um programa de conservação é um desafio comum na área de silvicultura. Ambos os

programas podem ter objetivos divergentes, como a maximização da produtividade versus a manutenção da diversidade genética, porém é possível conciliá-los (MARTINS et al., 2016). Vários estudos têm demonstrado que é possível conciliar esses objetivos por meio da seleção adequada de indivíduos (LEMES et al., 2021).

É importante estimar o tamanho efetivo ao coletar germoplasma para a conservação genética *ex situ*, iniciar um programa de melhoramento ou coletar sementes para recuperação ambiental (SEBBENN, 2002). O tamanho efetivo ( $N_e$ ), é o tamanho da amostra de plantas, sementes ou propágulos que garante a representatividade genética de uma população em relação à população parental (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009). Ou seja, é o número de indivíduos que efetivamente contribuem para a geração seguinte

Os estudos recomendam um  $N_e$  de pelo menos 50 indivíduos para garantir a conservação genética de curto prazo e minimizar a depressão endogâmica, que é a perda de vigor na descendência devido à homozigose de genes deletérios e letais (VENCOVSKY, 1987).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Caracterização do Experimento

Os dados utilizados no presente estudo são provenientes do Projeto Manejo Sustentado da Candeia, no qual pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras trabalharam no manejo e silvicultura da candeia em colaboração com o Ministério da Meio Ambiente, o Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais e a empresa CITRÓLEO.

Em 2004 foram obtidos materiais de procedências/progênes de cinco regiões de Minas Gerais (Morro do Pilar, Itabirito, Carrancas, Baependi e Delfim Moreira) (Tabela 1). Essas regiões foram definidas como as procedências (A, B, C, D e E). De cada uma delas, foram adquiridas sementes de 24 matrizes com polinização livre, com exceção de Morro do Pilar, coletadas apenas de 20 matrizes.

As árvores foram eleitas com base nas características silviculturais de interesse, conforme sugerido por Davide, Faria e Botelho (1995) para seleção de árvores matrizes dentre as espécies florestais nativas. Após selecionadas, as árvores foram georreferenciadas utilizando-se um GPS, onde as informações contendo os pontos foram armazenadas a fim de que as localizações das matrizes fossem acessadas e usadas durante todo o processo de melhoramento da espécie.

Tabela 1. Coordenadas geográficas UTM (latitude – Lat; e longitude – Lon), temperatura média anual (T) e altitude média (Alt) dos locais onde foram coletados os materiais genéticos de candeia.

Município	Procedência	Nº de progênes por procedência	Lat (Sul)	Long (Oeste)	T (°C)	Alt (m)
Morro do Pilar	A	20	7.873.014	662.737	22,0	831
Itabirito	B	24	7.759.949	649.751	17,4	1.180
Carrancas	C	24	7.613.160	538.394	20,7	1.265
Baependi	D	24	7.568.181	527.085	18,5	1.587
Delfim Moreira	E	24	7.233.973	472.395	17,0	1.749
<b>Total de progênes</b>		116				

Fonte: Melo (2012).

Esses locais foram selecionados para a coleta de sementes por abrigarem candeais nativos e por caracterizar uma boa amostra das áreas em Minas Gerais onde essa espécie ocorre naturalmente (Figura 1).

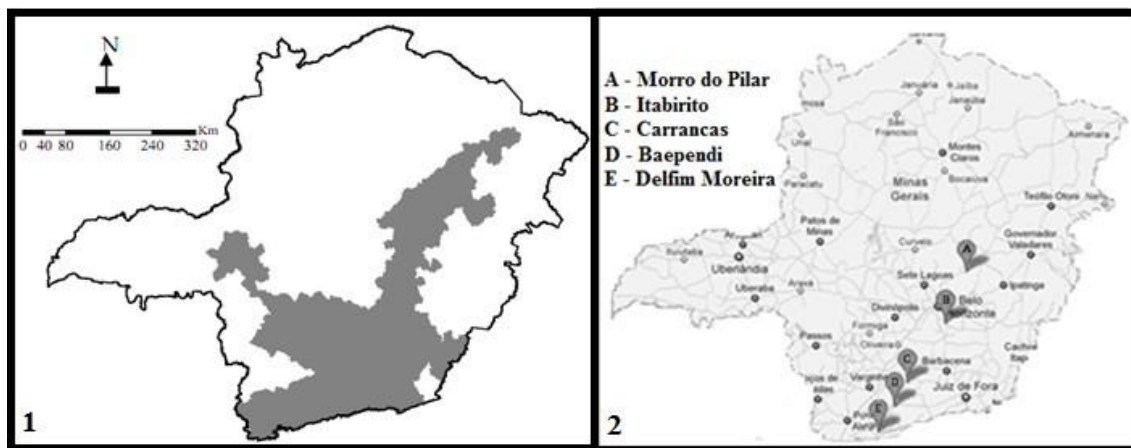


Figura 1. Ocorrência natural da candeia no Estado de Minas Gerais (1) e regiões no Estado de Minas Gerais onde foram selecionadas as árvores matrizes para a coleta das sementes (2). Fontes: NEMAF (2005 citado por MOURA, 2005).

As sementes coletadas de cada uma das 116 progênies foram armazenadas separadamente e identificadas. Depois foram semeadas em tubetes de polietileno com capacidade volumétrica de 110 cm<sup>3</sup>, utilizando-se a metodologia proposta por Scolforo et al. (2008), visando a produção das mudas de candeia, mantendo-as também separadas e identificadas. Assim que as mudas alcançaram o diâmetro do coleto acima de 3,0 mm e altura da parte aérea entre 20 e 30 cm, foram conduzidas para o plantio em campo, em janeiro de 2005, na zona rural da cidade mineira de Baependi. Segundo a classificação de Köppen, com o clima Cwb (tropical de altitude) com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A temperatura se mantém na média anual entre 18 e 19°C, e a precipitação média anual é de 1.400 mm, sendo os meses mais úmidos, entre dezembro e março, e a estação de seca sendo junho, julho e agosto (BRASIL, 1992).

As mudas foram plantadas em delineamento experimental com sete blocos casualizados. Cada bloco foi formado por 05 (cinco) parcelas que representam as procedências, subdivididas em sub-parcelas que representam as progênies. Cada subparcela foi composta por 6 linhas de plantio, com 24 plantas cada linha. Em cada linha de plantio, foram distribuídas 4 progênies com 6 (seis) plantas cada progênie. O espaçamento utilizado foi de 2,5 m entre linhas e de 2,0 m entre plantas.

### 3.2. Coleta de Dados

Em julho de 2010, foi realizada a mensuração da plantas, onde foram obtidos os valores de circunferência à 1,30 m do solo (CAP) utilizando fita métrica. Na sequência, os valores de CAP foram convertidos para diâmetro a 1,30 m do solo (DAP), variável dendrométrica a ser utilizada nas análises das procedências e progênies.



### **3.3. Seleção dos materiais genéticos**

A partir dos dados de DAP foi realizada a seleção dentro do teste de procedências/progênes. A seleção com base nos parâmetros genéticos das melhores progênes e indivíduos foi realizada pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o modelo 005 do software genético- estatístico SELEGEN REML/BLUP, desenvolvido por Resende et al. (1994), considerando as progênes como sendo meios-irmãos, delineamento em blocos ao acaso, com várias plantas por parcela, um só local e várias populações, seguindo o procedimento proposto por Resende (2002).

Sobre os valores genéticos individuais preditos gerados, foi realizada a otimização da seleção em termos de maximização do ganho genético com restrição na endogamia via manutenção de um tamanho efetivo adequado, através do modelo 106 do mesmo programa SELEGEN REML/BLUP. Restringindo o número máximo de indivíduos selecionados por progênie em 10, 5, 2 e 1.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Seleção de Procedências

O teste de procedência é uma ferramenta essencial no melhoramento de espécies, encontrando eficientemente as procedências que formarão plantios mais produtivos. Com base nos resultados obtidos (tabela 2), verificou-se que o município de Delfim Moreira apresenta a melhor escolha de indivíduos para propagação, obtendo um incremento de 5,96% na média de DAP apenas selecionando as matrizes dessa região. Em seguida, encontra-se a própria região de Baependi, com um incremento de 2,06%, e por último a região de Itabirito, com um incremento de 1,14%. No entanto, é importante ressaltar que as regiões de Carrancas e Morro do Pilar apresentam valores negativos de efeito de procedência, indicando que a seleção de matrizes dessas regiões sem análise prévia dos indivíduos interessantes, é prejudicial ao potencial produtivo em -3,76% e -5,39%, respectivamente.

Tabela 2. Ranqueamento das procedências de candeia em função do ganho genotípico (g) para a variável diâmetro a altura do peito (DAP) em cm, calculados aos cinco anos e meio de idade em Baependi, MG. u – média de DAP total do povoamento.

Ordem	Procedência	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	Delfim Moreira	0.0982	1.7471	0.0982	1.7471
2	Baependi	0.0339	1.6829	0.0661	1.715
3	Itabirito	0.0188	1.6677	0.0503	1.6992
4	Carrancas	-0.062	1.5869	0.0222	1.6711
5	Morro do Pilar	-0.0889	1.5601	0	1.6489

### 4.2. Seleção de Progênies

Os resultados obtidos por meio deste método de seleção permitiram identificar, também, as melhores progênies, com base em parâmetros genéticos, possibilitando a seleção das matrizes com maior potencial produtivo, reduzindo o tempo e os custos necessários para a obtenção de genótipos superiores, visto que este ordenamento demonstra quais terão maior ganho genético em relação a variável de interesse (DAP) ao serem propagadas. Sendo importante, de maneira a melhorar a produtividade do cenário futuro dos povoamentos, concedendo o conhecimento de parâmetros genéticos que irão fornecer os valores de variação entre e dentro das procedências (KAGEYAMA, 1980).

Com base na seleção de 25% das melhores matrizes como fornecedoras de sementes, presumisse que a produtividade, em DAP, aumente em aproximadamente 41,40%, saindo da média atual de 1,6489 cm por árvore para 2,3316 cm, conforme observado na Tabela 3.

Tabela 3. Relação das melhores progênies avaliadas aos cinco anos e meio de idade em Baependi, MG, para a variável DAP, em função dos efeitos aditivos (a).

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho (%)</b>
1	36	1.5846	1.5846	3.2335	96.10
2	118	1.322	1.4533	3.1022	88.14
3	115	1.2419	1.3828	3.0318	83.86
4	109	1.0682	1.3042	2.9531	79.10
5	124	0.995	1.2423	2.8913	75.34
6	26	0.9459	1.1929	2.8419	72.35
7	98	0.9436	1.1573	2.8062	70.19
8	101	0.9264	1.1285	2.7774	68.44
9	6	0.8589	1.0985	2.7474	66.62
10	100	0.7538	1.064	2.7129	64.53
11	93	0.7332	1.034	2.6829	62.71
12	37	0.6548	1.0024	2.6513	60.79
13	8	0.6463	0.975	2.6239	59.13
14	27	0.6274	0.9501	2.5991	57.62
15	114	0.6025	0.927	2.5759	56.22
16	59	0.5562	0.9038	2.5527	54.81
17	92	0.5549	0.8833	2.5322	53.57
18	107	0.4707	0.8603	2.5093	52.17
19	125	0.4676	0.8397	2.4886	50.92
20	31	0.4597	0.8207	2.4696	49.77
21	85	0.4223	0.8017	2.4506	48.62
22	10	0.4214	0.7844	2.4333	47.57
23	97	0.4116	0.7682	2.4171	46.59
24	4	0.394	0.7526	2.4015	45.64
25	70	0.3855	0.7379	2.3868	44.75
26	45	0.372	0.7239	2.3728	43.90
27	95	0.3369	0.7095	2.3584	43.03
28	47	0.3332	0.6961	2.345	42.22
29	11	0.3063	0.6826	2.3316	41.40
<b>Média Total das Progênies</b>				<b>1.6489</b>	

#### **4.3. Seleção de melhores indivíduos sem restrição**

Os resultados gerados pela metodologia utilizada, possibilitou não apenas selecionar as melhores procedências/progênies, mas também a seleção de indivíduos dentro de uma mesma progênie. Isso significa que, além de selecionar uma progênie como um todo, é possível melhorá-la ainda mais ao selecionar os melhores indivíduos dentro dessa família. Para tal, foi realizado um processo de ordenamento dos 40 melhores indivíduos com base no ganho em relação ao valor de DAP do fuste principal de cada árvore presente no teste de procedências/progênies, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, sem restrição ao tamanho efetivo populacional (Ne); f – valor fenotípico individual; a – efeito genético aditivo predito; Ne – tamanho efetivo populacional.

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	f	a	u + a	Ganho	Nova Média	Ne
1	5	36	6	5.5704	1.2611	2.91	1.2611	2.91	1
2	7	36	1	5.0611	1.2309	2.8799	1.246	2.8949	1.6
3	4	36	5	5.093	1.1973	2.8463	1.2298	2.8787	2
4	4	118	6	5.7614	1.1665	2.8155	1.214	2.8629	2.6667
5	6	6	3	6.7482	1.1124	2.7614	1.1937	2.8426	3.6585
6	4	36	4	4.4882	1.1087	2.7576	1.1795	2.8284	3.6923
7	1	109	3	7.7668	1.1086	2.7575	1.1694	2.8183	4.6391
8	2	36	2	5.2521	1.0893	2.7382	1.1594	2.8083	4.5714
9	6	118	4	4.6155	1.0859	2.7348	1.1512	2.8001	5.2612
10	1	118	4	7.0028	1.0851	2.734	1.1446	2.7935	5.7416
11	7	115	1	5.093	1.0784	2.7273	1.1386	2.7875	6.612
12	3	36	1	3.7242	1.0687	2.7177	1.1328	2.7817	6.4865
13	2	36	5	5.093	1.066	2.7149	1.1276	2.7765	6.3296
14	2	36	4	5.093	1.066	2.7149	1.1232	2.7721	6.1635
15	1	118	1	6.8437	1.0618	2.7107	1.1191	2.768	6.5455
16	6	36	6	5.093	1.0507	2.6996	1.1148	2.7638	6.392
17	4	115	2	4.7747	1.0455	2.6944	1.1108	2.7597	6.9933
18	7	36	5	3.7561	1.0396	2.6885	1.1068	2.7557	6.8103
19	7	115	6	4.7428	1.027	2.6759	1.1026	2.7515	7.304
20	4	109	1	5.8887	1.0225	2.6714	1.0986	2.7475	7.9012
21	7	36	4	3.6287	1.0209	2.6698	1.0949	2.7438	7.6796
22	7	115	3	4.6473	1.013	2.6619	1.0912	2.7401	8.0903
23	7	109	3	5.6659	1.008	2.6569	1.0876	2.7365	8.5911
24	6	36	5	4.7747	1.004	2.6529	1.0841	2.733	8.3569
25	3	118	5	3.8516	1.0001	2.649	1.0807	2.7296	8.6957
26	6	36	2	4.7428	0.9993	2.6482	1.0776	2.7265	8.4712
27	7	36	6	3.4696	0.9976	2.6465	1.0746	2.7235	8.2536
28	3	36	5	3.2149	0.9941	2.643	1.0717	2.7207	8.0452
29	2	92	3	7.4485	0.9928	2.6417	1.069	2.7179	8.5955
30	7	118	4	4.1699	0.992	2.6409	1.0665	2.7154	8.8757
31	1	118	6	6.3662	0.9918	2.6407	1.064	2.713	9.1054
32	6	115	3	3.9152	0.9915	2.6404	1.0618	2.7107	9.4407
33	5	118	2	3.8516	0.9912	2.6401	1.0596	2.7086	9.6223
34	4	36	3	3.6606	0.9873	2.6362	1.0575	2.7064	9.4239
35	5	115	5	4.9656	0.9824	2.6313	1.0554	2.7043	9.7113
36	6	36	1	4.5837	0.976	2.6249	1.0532	2.7021	9.5154
37	1	36	3	5.5386	0.9759	2.6249	1.0511	2.7	9.323
38	3	124	3	4.2017	0.9731	2.6221	1.049	2.6979	9.8184
39	5	36	1	3.5651	0.967	2.616	1.0469	2.6958	9.6172
40	2	92	2	7.2575	0.9648	2.6137	1.0449	2.6938	10.0433

De acordo com Alves et al. (2011), a seleção de indivíduos apresentou-se mais vantajosa do que a seleção de famílias na espécie pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), resultando em ganhos superiores na seleção individual. Com base nos resultados obtidos no

teste de procedências/progênes de candeia, ao considerar os 40 melhores indivíduos, verificou-se um aumento significativo na média de DAP, passando de 1,6489 cm para 2,6938 cm, representando um acréscimo de 63,37%.

Ao considerar a reprodução por meio de propagação sexuada dos indivíduos selecionados, é necessário realizar a seleção com base nos valores genéticos aditivos (a). Entretanto, quando o objetivo é a clonagem, a seleção deve levar em conta os valores genotípicos totais (RESENDE, 2007). Isso se deve ao fato de que tanto os efeitos aditivos quanto os de dominância (d) são transmitidos aos propágulos por meio da clonagem. Nesse sentido, reordenando a seleção anteriormente realizada, em função de seus valores genotípicos totais, tem-se em ordem os melhores indivíduos para realização de clones, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos genotípicos totais (g); d – efeito genético de dominância predito; g = a + d – efeito genotípico predito.

<b>Ordem</b>	<b>Bloco</b>	<b>Progênie</b>	<b>Árvore</b>	<b>f</b>	<b>a</b>	<b>d</b>	<b>g</b>	<b>Ganho (%)</b>
1	6	6	3	6.7482	1.1124	0.4849	1.5974	96.88
2	5	36	6	5.5704	1.2611	0.3063	1.5673	95.05
3	7	36	1	5.0611	1.2309	0.2862	1.5171	92.01
4	4	118	6	5.7614	1.1665	0.3043	1.4708	89.20
5	4	36	5	5.093	1.1973	0.2638	1.4611	88.61
6	1	109	3	7.7668	1.1086	0.3503	1.4589	88.48
7	2	92	3	7.4485	0.9928	0.4656	1.4584	88.45
8	2	92	2	7.2575	0.9648	0.4469	1.4118	85.62
9	7	115	1	5.093	1	0.2722	1.3506	81.91
10	6	118	4	4.6155	1.0859	0.2506	1.3365	81.05
11	1	118	4	7.0028	1.0851	0.25	1.3351	80.97
12	4	109	1	5.8887	1.0225	0.2929	1.3153	79.77
13	4	36	4	4.4882	1.1087	0.2046	1.3133	79.65
14	1	118	1	6.8437	1.0618	0.2345	1.2963	78.62
15	4	115	2	4.7747	1.0455	0.2503	1.2958	78.59
16	7	109	3	5.6659	1.008	0.2832	1.2912	78.31
17	2	36	2	5.2521	1.0893	0.1918	1.2811	77.69
18	7	115	6	4.7428	1.027	0.238	1.265	76.72
19	3	124	3	4.2017	0.9731	0.2844	1.2575	76.26
20	3	36	1	3.7242	1.0687	0.178	1.2468	75.61
21	2	36	5	5.093	1.066	0.1762	1.2422	75.34
22	2	36	4	5.093	1.066	0.1762	1.2422	75.34
23	7	115	3	4.6473	1.013	0.2286	1.2417	75.30
24	6	36	6	5.093	1.0507	0.166	1.2167	73.79
25	6	115	3	3.9152	0.9915	0.2143	1.2058	73.13
26	7	36	5	3.7561	1.0396	0.1586	1.1982	72.67
27	3	118	5	3.8516	1.0001	0.1933	1.1934	72.38

... continuação da Tabela 5

<b>Ordem</b>	<b>Bloco</b>	<b>Progênie</b>	<b>Árvore</b>	<b>f</b>	<b>a</b>	<b>d</b>	<b>g</b>	<b>Ganho (%)</b>
28	5	115	5	4.9656	0.9824	0.2082	1.1906	72.21
29	7	118	4	4.1699	0.992	0.1879	1.1799	71.56
30	1	118	6	6.3662	0.9918	0.1878	1.1796	71.54
31	5	118	2	3.8516	0.9912	0.1874	1.1785	71.47
32	7	36	4	3.6287	1.0209	0.1462	1.1671	70.78
33	6	36	5	4.7747	1.004	0.1349	1.1389	69.07
34	6	36	2	4.7428	0.9993	0.1318	1.1311	68.60
35	7	36	6	3.4696	0.9976	0.1306	1.1282	68.42
36	3	36	5	3.2149	0.9941	0.1283	1.1223	68.06
37	4	36	3	3.6606	0.9873	0.1237	1.1111	67.38
38	6	36	1	4.5837	0.976	0.1162	1.0922	66.24
39	1	36	3	5.5386	0.9759	0.1162	1.0921	66.23
40	5	36	1	3.5651	0.967	0.1102	1.0773	65.33

É possível notar que a ordem dos indivíduos selecionados foi modificada devido a alguns genótipos apresentarem valores mais elevados de dominância (d). Essa alteração foi responsável, por exemplo, pelo indivíduo 3 da progênie 6, que estava na quinta posição quando ordenado apenas pelos efeitos aditivos (a), mas passou para a primeira posição com base no ganho total (g), que considera tanto os efeitos aditivos quanto os de dominância. Esse indivíduo apresentou o fator de dominância mais elevado entre todos os indivíduos, o que o torna um excelente material para a propagação vegetativa, formando clones com valores de DAP mais elevados em relação à média.

Árvores com altos valores de dominância em relação aos valores aditivos podem ter apresentado alguma combinação híbrida favorável. Entretanto, se forem propagadas por sementes, ocorrerá segregação de características na descendência, levando a uma progênie desuniforme (ODA; MENCK; VENCOVSKY, 2007). Por isso, é essencial conhecer os parâmetros genéticos, bem como a origem e a magnitude dos efeitos genéticos, para estabelecer as melhores opções de melhoramento. Além disso, dependendo do tipo de propagação que se deseja trabalhar, é importante selecionar alguns indivíduos em relação a outros.

Segundo Kageyama et al. (1980), a estratégia de melhoramento que incorpora tanto as vias sexuadas quanto assexuadas pode proporcionar ganhos consideráveis e contínuos, mantendo a variabilidade da população.

#### 4.4. Seleção de melhores indivíduos com restrição

Como o tamanho efetivo é um parâmetro fundamental para a conservação da diversidade genética de uma espécie arbórea, já que uma amostra muito pequena pode levar à perda de variabilidade genética, é importante encontrar um equilíbrio entre a conservação da diversidade genética e o progresso genético, selecionando um número máximo adequado de indivíduos por progênie para a realização de programas de melhoramento genético que também considerem a conservação da variabilidade genética.

Com base nos dados gerados para a seleção dos 40 melhores indivíduos a partir do diâmetro à altura do peito (DAP), estabelecendo restrições ao tamanho efetivo populacional admitindo no máximo 10, 5, 2 e 1 indivíduos selecionados por progênie (afim de avaliar cenários diferentes de variância reprodutiva em prol dos objetivos), tendo um  $N_e$  no valor próximo de respectivamente 15, 24, 33 e 40, vide tabela 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), admitindo no máximo 10 indivíduos por progênie.

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	f	a	u + a	Ganho	Nova Média	$N_e$
1	5	36	6	5.5704	1.3054	2.9573	1.3054	2.9573	1
2	7	36	1	5.0611	1.2732	2.9252	1.2893	2.9412	1.6
3	4	36	5	5.093	1.2373	2.8893	1.272	2.9239	2
4	6	6	3	6.7482	1.2133	2.8653	1.2573	2.9092	2.6667
5	4	118	6	5.7614	1.1703	2.8223	1.2399	2.8918	3.6585
6	4	36	4	4.4882	1.1427	2.7947	1.2237	2.8756	3.6923
7	2	36	2	5.2521	1.122	2.774	1.2092	2.8611	3.675
8	1	109	3	7.7668	1.1132	2.7652	1.1972	2.8491	4.5714
9	3	36	1	3.7242	1.1001	2.7521	1.1864	2.8383	4.4844
10	2	36	5	5.093	1.0971	2.7491	1.1775	2.8294	4.3956
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	5	118	2	3.8516	0.9831	2.6351	1.0802	2.7321	11.7188
31	5	115	5	4.9656	0.9752	2.6272	1.0768	2.7287	11.9614
32	7	27	4	5.1566	0.9745	2.6265	1.0736	2.7256	12.5663
33	3	124	3	4.2017	0.97	2.622	1.0705	2.7224	13.2064
34	7	115	4	4.2654	0.9482	2.6001	1.0669	2.7188	13.3449
35	3	101	1	4.902	0.9458	2.5978	1.0635	2.7154	13.9956
36	2	115	6	4.2654	0.9419	2.5939	1.0601	2.712	14.0488
37	5	115	2	4.7428	0.9404	2.5923	1.0568	2.7087	14.037
38	2	115	4	4.1699	0.927	2.579	1.0534	2.7053	13.9704
39	1	109	6	6.5572	0.9239	2.5759	1.0501	2.702	14.3745
40	5	125	6	6.3662	0.9233	2.5753	1.0469	2.6988	15

Tabela 7. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional (Ne), admitindo no máximo 5 indivíduos por progênie.

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	f	a	u + a	Ganho	Nova Média	Ne
1	5	36	6	5.5704	1.3054	2.9573	1.3054	2.9573	1
2	7	36	1	5.0611	1.2732	2.9252	1.2893	2.9412	1.6
3	4	36	5	5.093	1.2373	2.8893	1.272	2.9239	2
4	6	6	3	6.7482	1.2133	2.8653	1.2573	2.9092	2.6667
5	4	118	6	5.7614	1.1703	2.8223	1.2399	2.8918	3.6585
6	4	36	4	4.4882	1.1427	2.7947	1.2237	2.8756	3.6923
7	2	36	2	5.2521	1.122	2.774	1.2092	2.8611	3.675
8	1	109	3	7.7668	1.1132	2.7652	1.1972	2.8491	4.5714
9	6	118	4	4.6155	1.0842	2.7362	1.1846	2.8365	5.2612
10	1	118	4	7.0028	1.0834	2.7354	1.1745	2.8264	5.7416
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	5	6	5	4.9338	0.9158	2.5677	1.0503	2.7022	17.234
31	5	109	4	5.093	0.9141	2.5661	1.0459	2.6978	17.3771
32	4	6	2	5.2839	0.9065	2.5584	1.0415	2.6934	17.7095
33	2	101	3	5.1248	0.8979	2.5499	1.0372	2.6891	18.3875
34	7	124	5	4.0425	0.8854	2.5374	1.0327	2.6846	18.7257
35	7	26	4	4.0425	0.8828	2.5348	1.0284	2.6803	19.5092
36	5	26	4	4.7747	0.877	2.529	1.0242	2.6761	20.1855
37	7	6	5	3.6924	0.8748	2.5267	1.0202	2.6721	20.3528
38	2	72	2	7.0028	0.8675	2.5195	1.0162	2.6681	21.1387
39	7	85	4	5.3794	0.8645	2.5165	1.0123	2.6642	21.9375
40	5	98	6	4.6155	0.8636	2.5156	1.0086	2.6605	22.7464

Tabela 8. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional (Ne), admitindo no máximo 2 indivíduos por progênie

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	f	a	u + a	Ganho	Nova Média	Ne
1	5	36	6	5.5704	1.3054	2.9573	1.3054	2.9573	1
2	7	36	1	5.0611	1.2732	2.9252	1.2893	2.9412	1.6
3	6	6	3	6.7482	1.2133	2.8653	1.264	2.9159	2.4828
4	4	118	6	5.7614	1.1703	2.8223	1.2406	2.8925	3.4909
5	1	109	3	7.7668	1.1132	2.7652	1.2151	2.867	4.4944
6	6	118	4	4.6155	1.0842	2.7362	1.1933	2.8452	5.0824
7	7	115	1	5.093	1.0777	2.7297	1.1768	2.8287	6.0681
8	4	115	2	4.7747	1.0426	2.6946	1.16	2.8119	6.6841
9	2	92	3	7.4485	1.0309	2.6828	1.1456	2.7975	7.6596
10	4	109	1	5.8887	1.0213	2.6733	1.1332	2.7851	8.2873
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	2	100	4	5.5386	0.7783	2.4303	0.9661	2.618	24.9592
31	2	14	2	5.5704	0.7739	2.4259	0.9599	2.6118	25.9299
32	5	8	6	3.9789	0.7649	2.4168	0.9538	2.6057	26.5581
33	1	37	4	5.6023	0.7639	2.4159	0.9481	2.6	27.1902



... continuação da Tabela 8

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	f	a	u + a	Ganho	Nova Média	Ne
34	3	93	1	3.8834	0.7557	2.4077	0.9424	2.5943	28.1572
35	4	4	5	4.9656	0.7552	2.4072	0.9371	2.589	29.1262
36	3	45	1	4.7747	0.7551	2.4071	0.932	2.5839	30.0971
37	4	93	1	3.7879	0.7543	2.4063	0.9272	2.5791	30.7248
38	6	11	4	5.9206	0.7435	2.3955	0.9224	2.5743	31.695
39	4	125	3	4.7747	0.723	2.375	0.9173	2.5692	32.3236
40	6	59	5	3.9789	0.7137	2.3657	0.9122	2.5641	33.2931

Tabela 9. Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a variável DAP, com base nos efeitos aditivos, com restrição ao tamanho efetivo populacional (Ne), admitindo no máximo 1 indivíduo por progênie.

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	f	a	u + a	Ganho	Nova Média	Ne
1	5	36	6	5.5704	1.3054	2.9573	1.3054	2.9573	1
2	6	6	3	6.7482	1.2133	2.8653	1.2593	2.9112	2
3	4	118	6	5.7614	1.1703	2.8223	1.2297	2.8816	3
4	1	109	3	7.7668	1.1132	2.7652	1.2006	2.8525	4
5	7	115	1	5.093	1.0777	2.7297	1.176	2.8279	5
6	2	92	3	7.4485	1.0309	2.6828	1.1518	2.8037	6
7	7	27	4	5.1566	0.9745	2.6265	1.1265	2.7784	7
8	3	124	3	4.2017	0.97	2.622	1.1069	2.7588	8
9	3	101	1	4.902	0.9458	2.5978	1.089	2.7409	9
10	5	125	6	6.3662	0.9233	2.5753	1.0724	2.7243	10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
31	7	81	6	4.52	0.6647	2.3167	0.861	2.5129	31
32	3	99	3	4.902	0.6615	2.3135	0.8548	2.5067	32
33	7	60	1	4.2972	0.6515	2.3034	0.8486	2.5005	33
34	6	70	2	5.1248	0.6487	2.3007	0.8427	2.4947	34
35	2	43	1	6.5254	0.639	2.291	0.8369	2.4888	35
36	7	28	2	4.8701	0.6314	2.2834	0.8312	2.4831	36
37	4	96	3	5.2203	0.6293	2.2813	0.8258	2.4777	37
38	5	58	3	4.8383	0.6218	2.2738	0.8204	2.4723	38
39	4	10	6	4.2017	0.6176	2.2696	0.8152	2.4671	39
40	5	106	3	4.7747	0.605	2.257	0.8099	2.4618	40

Portanto, o método de otimização da seleção baseado no tamanho efetivo da população proporciona condições para a formação de pomares de sementes com genótipos de melhor valor genético. Selecionando uma população que pode ser utilizada com maior sucesso para a conservação genética da espécie, contendo grande variabilidade e baixa endogamia.

Porém, se espera que haja uma redução nos ganhos obtidos através da seleção, tendo em vista que gera inclusão de árvores com menores valores de “a”. A seleção de 40 indivíduos baseada no diâmetro à altura do peito (DAP), com restrições de 10, 5, 2 e 1, apresentou ganhos esperados de 1,0469 cm, 1,008cm, 0,9122 cm e 0,8099 cm, respectivamente, o que no primeiro caso ainda se encontrou um valor levemente superior ao obtido sem a restrição, já nas subsequentes, os valores são inferiores ao ganho esperado sem a restrição (1,0449 cm), porém ambas as situações continuam ocasionando um aumento na média atual em 63,5%, 61,13%, 55,50%, e 49,30%.

#### 4.5. Relações entre melhoramento e conservação

Analisando os resultados da tabela 4, verificamos que o número efetivo de alelos ( $N_e$ ) correspondente aos 40 primeiros indivíduos selecionados na análise sem restrição é igual a 10, representando valores mais baixos em relação às análises com restrições de 10, 5, 2 e 1. No entanto, o recomendado é se ter um  $N_e$  mínimo de 50 para garantir a conservação genética de curto prazo e minimizar a perda de vigor na descendência devido à homozigose de genes deletérios e letais. De acordo com a tabela 10, para atingir esse valor de  $N_e$  na análise sem restrição, seriam necessários 296 indivíduos.

Tabela 10. Ordenamento dos indivíduos, sem restrição ao tamanho efetivo até alcançar valor  $N_e$  de 50

Ordem	Bloco	Progênie	Árvore	Ganho	Nova Média	$N_e$
1	5	36	6	1.2611	2.91	1
2	7	36	1	1.246	2.8949	1.6
3	4	36	5	1.2298	2.8787	2
4	4	118	6	1.214	2.8629	2.6667
5	6	6	3	1.1937	2.8426	3.6585
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
292	4	96	3	0.7923	2.4412	49.1169
293	6	114	5	0.7916	2.4405	49.341
294	5	100	5	0.791	2.4399	49.5067
295	5	105	2	0.7904	2.4393	49.8042
296	4	114	3	0.7897	2.4387	50.014

Já nas análises com as restrições, seria necessário um número menor de indivíduos para alcançar o mesmo valor de  $N_e$ , nos valores respectivamente de 137, 90, 61 e 50 indivíduos nas restrições de 10, 5, 2 e 1. É interessante notar que, do ordenamento das 137 amostras com restrição de 10, 82 são iguais aos 137 melhores indivíduos sem restrição,

representando aproximadamente 60% das amostras. Nos casos com restrição de 5, 38% das amostras são iguais aos 90 melhores indivíduos sem restrição, enquanto nos casos com restrição de 2, apenas 28% das amostras são iguais aos 60 melhores indivíduos sem restrição. Por fim, nas amostras com restrição de 1, apenas 18% das amostras são iguais aos 50 melhores indivíduos sem restrição

Ao se examinar o ordenamento dos nove melhores indivíduos em cada cenário, com a restrição de número máximo por progênie de 10, 5, 2 e 1 em relação aos nove melhores indivíduos sem restrição, constata-se que os resultados com restrição de número máximo por progênie de 2 e 1 diferem significativamente daqueles obtidos sem restrição. Em contrapartida, o resultado com restrição de número máximo por progênie de 10 e 5 apresentam uma correlação satisfatória com os resultados sem restrição. No caso da restrição de 5 por progênie, verificou-se que os nove melhores indivíduos foram os mesmos em ambas as análises, com exceção do quarto e do sétimo, que apesar de ainda serem representados nas duas análises, foram substituídos pelo quinto e oitavo, como evidenciado na Tabela 11.

Tabela 11. Relação entre os ordenamentos dos nove melhores indivíduos de cada cenário de restrição de número máximo de indivíduos por progênie em relação aos nove melhores indivíduos sem restrição.

<b>Número máximo por progênie = 10</b>		<b>Número máximo por progênie = 5</b>		<b>Número máximo por progênie = 2</b>		<b>Número máximo por progênie = 1</b>	
Ordem com	Ordem sem	Ordem com	Ordem sem	Ordem com	Ordem sem	Ordem com	Ordem sem
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	5
3	3	3	3	3	5	3	4
4	5	4	5	4	4	4	7
5	4	5	4	5	7	5	11
6	6	6	6	6	9	6	29
7	8	7	8	7	11	7	50
8	7	8	7	8	17	8	38
9	12	9	9	9	29	9	46

## 5. CONCLUSÃO

A seleção de materiais para propagação e produção de clones da candeia afim de se melhorar a produtividade do DAP possuem similaridades com a seleção de materiais para a conservação genética da espécie. Esta relação é influenciada pelo número máximo de indivíduos selecionados por progênie.

Sendo possível conciliar esses dois objetivos, combinando a maximização da produtividade com a manutenção da diversidade genética. Admitindo-se que a utilização de no máximo 5 indivíduos selecionados por progênie, mantém-se um ganho considerável na média da variável DAP e proporciona bons níveis de diversidade genética no material a ser trabalhado.

## 6. REPEFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. A. et al. **Ganhos genéticos preditos com a seleção precoce de indivíduos de maior rendimento no banco de germoplasma de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 6., 2011, Búzios. Anais... Búzios: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2011. 1 CD-ROM.
- ALVES-PEREIRA, et al. **Conservação e uso sustentável de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish. (Asteraceae): análise de diversidade genética**. Biota Neotrop., v. 17, n. 3, p. 1-10, 2017.
- ARAÚJO, L. C. ***Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip: sua exploração florestal**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 54 p.
- AVELAR, M. L. M. et al. **Caracterização genética no crescimento inicial de progênes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish em Aiuruoca, MG, Brasil**. Hoehnea, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 187-198, jun. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.
- BRITO, L. B. et al. **Genetic diversity and structure of *Eremanthus erythropappus* germplasm from the Brazilian Cerrado**. Ind. Crops Prod., v. 156, p. 112914, 2020.
- CÂNDIDO, J. F. **Cultura da candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip)**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 7 p.
- CETEC – MG (CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS). **Ecofisiologia da candeia: relatório técnico**. Belo Horizonte, 1994. 104 p.
- CORRÊA, M. P. (Ed.). **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v. 1, 433 p.
- FONSECA, E. B. et al. **Herdabilidade e correlações genotípicas e fenotípicas em *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish**. Pesq. Agropec. Trop., v. 42, n. 3, p. 332-339, 2012.
- GALDINO, A. P. P. **Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* spp) e a influência das diferentes origens comerciais da sua madeira**. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44- 46, 2006.
- GOMES, J. M. et al. **Reprodução de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae) e implicações para conservação**. Brazilian Journal of Botany, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 673-682, dez. 2019.
- ISAAC, O.; THIEMER, K. **Biochemical studies on chamomile components: III. In vitro studies about the antipeptic activity of  $\alpha$ -bisabolol**. Arzneimittelforschung, v. 25, p. 1352-1354, 1975.

JENNINGS, S. B. et al. **Ecology provides a pragmatic solution to the maintenance of genetic diversity in sustainably managed tropical rain forests.** Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 154, n. 1, p. 1-10, Jan. 2001.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em origens de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden.** 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1980.

KAMATOU, G. P. P.; VILJOEN, A. M. **A review of the application and pharmacological properties of a-bisabolol and a-bisabolol-rich oils.** Journal of the American Oil Chemists’ Society, Champaign, v. 87, n. 1, p. 1-7, Jan. 2010.

KRUSCHE, D.; GEBUREK, T. **Conservation of forest gene resources as related to sample size.** Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 40. 145-150, 1991.

LEMES, M. R. et al. **Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) across the Brazilian Amazon based on variation at microsatellite loci: implications for conservation.** Molecular Ecology, Oxford, v. 12, n. 11, p. 2875-2883, Nov. 2003.

LEMES, M. R. et al. **Seleção simultânea para o melhoramento genético e conservação da biodiversidade de *Hymenaea courbaril* L.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 1043-1054, jul./set. 2021.

LOPES, et al. **Manejo de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) como medida de conservação da espécie.** Rev. Árvore, v. 44, n. 5, p. 1-10, 2020.

MARINO, C. L. **Melhoramento genético de plantas e os transgênicos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 52., 2006, Foz do Iguaçu. Genética na Escola, Foz do Iguaçu, v. 1, n. 2, p. 75-78, 2006.

MARTINS, K. et al. **Challenges and perspectives of forest genetic improvement and conservation in Brazil.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v.16, n.3, p.174-182, 2016.

MARTINS, K. et al. **Challenges and perspectives of forest genetic improvement and conservation in Brazil.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, 16(3), 174-182.

MELO, L. A. de. **Seleção e resgate de árvores superiores de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish).** 2012. 165 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. **Caracterização anatômica, química e física da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish).** Cerne, Lavras, v. 16, n. 4, p. 451-456, 2010.

MOURA, M. C. O. **Distribuição da variabilidade genética em populações naturais de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae) por marcadores isoenzimáticos**

e **RAPD**. 2005. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

ODA, S. et al. **Melhoramento florestal**. In: BORÉM, A. (Ed.). Biotecnologia florestal. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 123-142.

OLIVEIRA, A. D. de et al. **Market chain analysis of candeia timber (*Eremanthus erythropappus*)**. Cerne, Lavras, v. 15, n. 3, p. 257-264, jul./set. 2009.

OLIVEIRA, G. M. V. et al. **Tamanho e forma de parcelas experimentais para *Eremanthus erythropappus***. Cerne, Lavras, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2011.

PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2001. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

RESENDE, M. D. V. et al. **Seleção genética computadorizada Selegen "Best Prediction": manual do usuário**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 31 p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: E. Blücher, 1979. 296 p.

RODRIGUES, A. L. et al. **Floristic and structural characterization of areas with *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish occurrence, in Uberlândia, MG**. CERNE, v. 24, n. 1, p. 75-84, 2018.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ; Instituto BioAtlântica, 2009. 259 p.

SANTOS, R. C. et al. **Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para produção de painéis cimento-madeira**. Cerne, Lavras, v. 14, n. 3, p. 241-250, 2008.

SANTOS, L. F. et al. **Aspects of ecology and bioprospection of *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish, a medicinal plant of Brazilian Cerrado**. J. Appl. Pharm. Sci., v. 4, n. 5, p. 064-072, 2014.

SANTOS, A. M. M. et al. **Heterologous primers for amplification and characterization of microsatellites from a native Brazilian species *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae)**. BMC Research Notes, v. 10, n. 1, p. 1-4, 2017.

SEBBENN, A. M. **Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas**. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-132, 2002.

SILVA, et al. **Diversidade genética de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) McLeisch) no bioma Cerrado.** Rev. Bras. Plantas Med., v. 18, n. 2, p. 414-422, 2016.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Aproveitamento do óleo essencial de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) McLeisch) no estado de Minas Gerais, Brasil.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 2004, Curitiba. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2004. p. 1-9.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Manejo da candeia nativa.** Lavras: UFLA, 2008. 44 p.

SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C. **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais.** Lavras, Editora: UFLA. 2012, 329 p

SIQUEIRA, A. C. M. de F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. **Conservação dos recursos genéticos ex situ do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog) – Leguminosae.** Revista Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-243, 1993.

SOARES, T. L. et al. **Genetic parameters and genotype-by-environment interactions for growth traits in *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish.** Ind. Crops Prod., v. 137, p. 49-54, 2019.

TEIXEIRA, M. C. B. et al. **Influência da luz na germinação de sementes de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip).** In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICA, 28., 1996, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SBB; PUC-MG, 1996. p. 35-41.

VENCOVSKY, R. **Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas.** Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, n.35, p.79-84, 1987.