



**LUCAS AMARAL DE MELO**

**SELEÇÃO E RESGATE DE ÁRVORES  
SUPERIORES DE CANDEIA (*Eremanthus  
erythropappus* (DC.) MacLeish).**

**LAVRAS – MG**

**2012**

**LUCAS AMARAL DE MELO**

**SELEÇÃO E RESGATE DE ÁRVORES SUPERIORES DE CANDEIA**  
**(*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish).**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

**ORIENTADOR**

Prof. Dr. Antônio Cláudio Davide (DCF/UFLA)

**CO-ORIENTADORES**

Prof. Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado (DCF/UFLA)

Prof. Dr. Rogério Luiz da Silva (DS/IF/UFRRJ)

**LAVRAS – MG**

**2012**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Melo, Lucas Amaral de.

Seleção e resgate de árvores superiores de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) / Lucas Amaral de Melo. – Lavras : UFLA, 2012.

165 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Antônio Cláudio Davide.

Bibliografia.

1. Melhoramento. 2. Resgate de matrizes. 3. Procedências.  
4. Progênies. 5. Variabilidade genética. I. Universidade Federal  
de Lavras. II. Título.

CDD – 634.973550415

**LUCAS AMARAL DE MELO**

**SELEÇÃO E RESGATE DE ÁRVORES SUPERIORES DE CANDEIA**

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

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 13 de abril de 2012

Dr. Sebastião Carlos da Silva Rosado DCF – UFLA

Dr. Rogério Luiz da Silva DS – IF – UFRRJ

Dra. Dulcinéia Carvalho DCF – UFLA

Dra. Flávia Maria Avelar Gonçalves DBI - UFLA

Dr. Antônio Cláudio Davide

ORIENTADOR

**LAVRAS – MG**

**2012**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Admir e Fátima, pelo carinho, apoio, amor, por tudo que me proporcionaram durante toda esta minha caminhada, pois eles são os principais responsáveis por mais esta conquista.

A minha esposa, inúmeras definições, dentre as quais, Isabel Cristina Nogueira Alves de Melo, cuja presença e afeto são incontestáveis; ela que foi e é muito importante na minha vida. Também, a sua família, ou melhor nossa família, por tudo, mas principalmente por confiarem em mim.

A minha irmã (Mana) e ao André, pelo apoio incondicional, por estarem sempre prestativos e, principalmente, por acreditarem em mim.

Aos meus sobrinhos, Luisa, Rogério e em especial a Marina, pelos momentos especiais já vividos e aos tantos ainda a aproveitarmos juntos.

Aos meus avós, Nego (in memorian) e Beralda, pelo amor, paciência e dedicação com todos.

Aos meus familiares, os quais estão sempre presentes nas horas certas e incertas. Cada um com a própria parcela de contribuição, seja no incentivo, parcerias, dúvidas, costura, amizade etc.

Ao professor Antonio Claudio Davide, pela amizade, paciência, incentivo, orientação e, principalmente, pela confiança em meu trabalho. E aos professores, Antônio Carlos da Silva Rosado e Rogério Luiz da Silva, pela amizade e co-orientação neste trabalho.

Às professoras Dulcinéia de Carvalho e Flávia Maria Avelar Gonçalves pela colaboração como membros da banca de defesa desta tese.

Ao professor José Airton e ao pesquisador da EMBRAPA Florestas Marcos Deon, pelo auxílio, críticas e tempo despendidos em inúmeras dúvidas.

Ao pesquisador da EMBRAPA Alisson Moura dos Santos pelo auxílio em vários momentos da elaboração deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFLA pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores da UFLA, UFV e UFRRJ, com os quais pude aprender muito durante minha formação.

Aos colegas da UFRRJ pelo companheirismo e compreensão pelas minhas obrigações quanto ao doutorado.

Aos alunos de Eng. Florestal da UFLA e, agora, da UFRRJ, com os quais tive a oportunidade de aprender a lecionar e de buscar sempre coisas novas.

Aos colegas de pós-graduação em Engenharia Florestal da UFLA, Janu, Ilzon, Aldenir, Valdir, Rinaldo, Maria José, Regiane, Tati, Luis Antônio, Juliano, Janice, Wilson, Ana Carla, Olívia, Josina etc.

Aos funcionários do Viveiro Florestal da Universidade Federal de Lavras, pela amizade e colaboração na condução dos experimentos.

À CITROLEO pela contribuição em vários momentos da condução dos experimentos e por financiar parte dos trabalhos.

Aos pesquisadores, professores, funcionários e discentes do LEMAF pela grande contribuição durante todo o decorrer do período experimental, principalmente pela montagem e avaliações ao longo do tempo. Em especial, ao professor José Márcio de Mello pelo auxílio em análises relacionadas a técnicas de inventário florestal, assim como seus orientados e ao professor José Roberto Scolforo pela disponibilização de materiais de candeia e recursos financeiros, sempre que necessário.

Aos colegas e amigos de UFLA que foram a campo comigo ou na minha ausência para a coleta de informações a respeito deste trabalho, durante os anos de condução do mesmo.

Ao Bob e Aninha pelo grande auxílio para com as equações de regressão de volume. Ao Charles, Vinicius e Emanuel, por sempre estarem prestativos e solícitos.

A todos do Departamento de Ciências Florestais que direta ou indiretamente contribuem para o andamento do curso de pós-graduação em Engenharia Florestal.

Aos amigos de Carmo da Mata, Lavras, Viçosa e Seropédica que fizeram e fazem parte da minha vida.

Aos amigos, colegas de sala, companheiros de futebol e laboratórios, pelos momentos felizes que passamos juntos.

Aos companheiros de Repúblicas durante toda a vida acadêmica.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para minha formação profissional.

## RESUMO

Com a atual demanda pela madeira da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MecLeish), seja para a extração de óleo ou para a confecção de mourões, estudos com a espécie tomaram impulso a partir da década de 1990. Com isto, plantios foram realizados principalmente na região sul do Estado de Minas Gerais, utilizando-se de mudas obtidas a partir de sementes não melhoradas. Portanto, é necessário iniciar o melhoramento genético da candeia, por meio da instalação de testes que propiciem a seleção de materiais genéticos mais produtivos, a fim de aumentar a produtividade dos povoamentos, elevando o retorno econômico a quem cultiva a espécie e reduzindo a pressão sobre os candeais nativos. Desta maneira, o objetivo geral deste trabalho é iniciar um programa de melhoramento genético da candeia, a partir do delineamento de pesquisas envolvendo a seleção e resgate de árvores superiores em um teste de procedências/progênes, instalado em janeiro de 2005 município de Baependi, Sul de Minas Gerais. O teste foi instalado em delineamento de blocos casualizados e é resultante do plantio de mudas de 116 progênes de candeia, oriundas de cinco regiões de ocorrência natural da espécie em Minas Gerais. Com base na avaliação das características de crescimento DAP, altura e volume de madeira, aos 67 meses de idade, procedeu-se à análise genética e seleção dentre os materiais genéticos existentes. Além disso, foi possível estimar a eficiência da seleção precoce realizada aos 24, 48 e 60 meses de idade. Uma vez verificada a possibilidade de seleção, procurou-se definir uma metodologia para o resgate de matrizes e posterior enraizamento de estacas provenientes de brotações. Para isso, árvores de candeia foram decepadas e submetidas a dois fatores (altura de corte e escarificação ou não do solo), sendo que as brotações oriundas de tais tratamentos foram coletadas e as estacas preparadas, foram tratadas com AIB e colocadas para enraizar em casa de vegetação climatizada. Pelos resultados obtidos, verifica-se que existe variabilidade genética, sendo possível a seleção entre as progênes e entre os indivíduos pertencentes às melhores progênes, de forma que, quanto mais precoce a seleção, maiores são os ganhos anuais em relação às características de crescimento, porém maior é a probabilidade de incorrer em erros na seleção. Uma vez realizada a seleção, a decepa da árvore, independente da altura, seguida da escarificação do solo, contribui para a produção de brotações, mostrando ser uma técnica eficiente para o resgate de árvores superiores de candeia. A partir das brotações obtidas, deve-se proceder ao preparo das estacas, as quais apresentam um alto percentual de enraizamento após 28 dias em casa de vegetação climatizada, sem a necessidade da aplicação exógena de AIB.

Palavras-chave: Melhoramento. Resgate de matrizes. Procedências/progênes.



## ABSTRACT

Due to the current demand for candeia wood (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MecLeish) whether for oil extraction or fence post production, studies on this species have had a great boost since the 1990s. For this reason, plantings were carried out mostly in the southern region of Minas Gerais state, by using seedlings obtained from non-improved seeds. Therefore, it is necessary to begin the genetic breeding of the candeia tree by means of the establishment of tests which provide the selection of higher-yielding genetic materials in order to increase the yield of the stands, raising the economic return to whom grows the species and reducing pressure on the native candeia forests. In this way, the general objective of this work is beginning a genetic breeding program of the candeia tree, from the design of research involving the selection and rescue of superior trees in a test of precedence/progenies established in January of 2005 in the municipality of Baependi, South of Minas Gerais. The test was set up in randomized blocks and it is resulting from the planting of seedlings of 116 candeia progenies, coming from five natural-occurring regions of the species in Minas Gerais. On the basis of the evaluation of the growth characteristics BHD, height and volume of wood at 67 months old, both genetic analysis and selection among the existing genetic materials was conducted. In addition, it was possible to estimate the efficiency of the early performed at 24, 48 and 60 months of age. Since found the possibility of selection, it was aimed to define a methodology for rescue of matrix trees and later rooting of cuttings coming from shootings. For that purpose, candeia trees were coppiced and submitted to two factors (cutting height and scarification or not of soil), moreover, the shootings coming from such treatments were collected and the prepared cuttings, were treated with AIB and placed to root in a acclimatized greenhouse. From the results obtained, it is found that there is genetic variability, the selection among the progenies and among the individuals belonging to the best progenies being possible so that the earlier the selection the greater are the yearly gains in relation to the growth characteristics, but greater is the probability of fall into errors in selection. Since performed the selection, the coppicing of the tree, independent of height, followed of soil scarification, contributes toward the production of shootings, showing it to be an efficient technique for the rescue of superior candeia trees. From the shootings obtained, one should perform the preparation of the cuttings, which present a high rooting percent after 28 days in acclimatized greenhouse, without any need for exogenous application of AIB.

Key words: Breeding, Matrix tree rescue. Provenances/progenies

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> Introdução geral.....	<b>12</b>
<b>1</b> INTRODUÇÃO.....	<b>12</b>
<b>2</b> REFERENCIAL TEÓRICO.....	<b>17</b>
2.1 Caracterização da candeia ( <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MecLeish).....	17
2.2 Melhoramento florestal .....	22
2.3 Propagação vegetativa.....	29
<b>3</b> CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> Variabilidade genética e seleção em teste de procedências/progênes de candeia ( <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish) .....	<b>46</b>
<b>1</b> INTRODUÇÃO.....	<b>47</b>
<b>2</b> MATERIAL E MÉTODOS .....	<b>52</b>
2.1 Caracterização do experimento .....	52
2.2 Material vegetal.....	53
2.3 Implantação do experimento .....	54
2.4 Avaliações .....	55
2.5 Seleção dos materiais genéticos .....	58

<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>61</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>86</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO 3 Eficiência da seleção precoce para características de crescimento em famílias de <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish ...</b>	<b>94</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>95</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>101</b>
2.1 Caracterização do experimento .....	101
2.2 Material vegetal.....	102
2.3 Implantação do experimento .....	103
2.4 Avaliações .....	104
2.5 Análise genética e seleção de progênies.....	105
2.6 Eficiência da seleção precoce.....	106
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>111</b>
3.1 Variabilidade genética e seleção de progênies.....	111
3.2 Eficiência da seleção precoce.....	115
3.3 Análise da seleção precoce.....	124
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>126</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>127</b>

<b>CAPÍTULO 4 Metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish .....</b>	<b>133</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>134</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>139</b>
2.1 Localização e caracterização da área de estudo .....	139
2.2 Material experimental.....	139
2.3 Montagem dos Experimentos.....	140
2.4 Avaliações .....	143
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>147</b>
3.1 Resgate das matrizes .....	147
3.2 Enraizamento de estacas.....	154
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>156</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>157</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>162</b>

## CAPÍTULO 1 Introdução geral

### 1 INTRODUÇÃO

A candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) é uma espécie arbórea pertencente à família Asteraceae, sendo considerada uma planta precursora na invasão dos campos. Ela se desenvolve rapidamente em campos abertos, formando povoamentos puros, denominados candeais. É encontrada em áreas montano-campestres nos Estados da Bahia até São Paulo. Os candeais são comuns em várias regiões de Minas Gerais, podendo ser encontrados, principalmente, em áreas montanhosas de diversos municípios, entre estes: Aiuruoca, Araxá, Arcos, Belo Horizonte, Capelinha, Carrancas, Caxambu, Delfim Moreira, Guanhães, Itabirito, Juiz de Fora, Madre de Deus, Mariana, Morro do Pilar, Oliveira, Ouro Preto, Viçosa etc. (SCOLFORO et al., 2008b).

O gênero *Eremanthus* é formado por várias espécies de candeia, porém, *E. erythropappus* vem se tornando a de maior importância econômica, com grande ocorrência em Minas Gerais, juntamente com *E. incanus* (Less.) Less. O interesse por *E. erythropappus* está, em parte, na madeira, que apresenta alta resistência, durabilidade e poder energético. Segundo Galdino et al. (2006), a madeira, em sua forma bruta, é utilizada largamente como mourões para cercas em propriedades rurais. A planta também é utilizada para a extração de óleo que contém alfabisabolol. Este princípio ativo apresenta propriedades farmacológicas, sendo utilizado na indústria de cosméticos, conforme relatado por Pérez (2001).

Embora as espécies de candeia apresentem uma relativa distribuição, principalmente no Estado de Minas Gerais, estas vêm sendo ameaçadas pelo corte indiscriminado, visto que o interesse econômico é grande. Além disto, a candeia é uma espécie de crescimento relativamente lento quando comparada às

espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, gêneros mais plantadas no Brasil, sendo que os plantios efetuados, em sua maioria na última década, não acompanham a demanda crescente pelos produtos obtidos a partir do corte.

Aliado a isso, como acontece na maioria das espécies nativas de interesse econômico, ocorre uma exploração predatória, ocasião em que os melhores indivíduos são preferidos em detrimento àqueles menos vigorosos. Desta forma, além de ocorrer a redução da base genética das populações, ocorrem mudanças nas frequências alélicas, reduzindo a frequência de alelos que conferem fenótipos desejáveis para características de interesse, o que promove uma seleção disgênica (JENNINGS et al., 2001; LEMES et al., 2003), resultante da contínua exploração dos indivíduos superiores, fazendo com que uma grande parte da população remanescente seja constituída por indivíduos de qualidade inferior (MOURA, 2005).

Inúmeros trabalhos desenvolvidos pelo Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras vêm sendo executados com a candeia. Estes trabalhos tiveram impulso no fim dos anos 90 e, a partir de então, várias dissertações e artigos científicos foram publicados. Tem-se estudado a caracterização e manejo de povoamentos naturais (PÉREZ et al., 2004; SCOLFORO et al., 2002), produção e tecnologia de sementes e mudas (ABREU, 2008; BRAGA, 2006; DAVIDE et al., 2011; GOULART, 2003; REZENDE, 2007; SILVA, 2003; SIQUEIRA, 2008; TEIXEIRA et al., 1996; TONETTI; DAVIDE; SILVA, 2006; VENTURIN et al., 2005) tratos silviculturais (ALTOÉ, 2012; PEREIRA, 1998; SILVA, 2009; VENTURIN et al., 2005), cultura de tecidos (ROSAL, 2004), aspectos genéticos (ESTOPA et al., 2006; PÉREZ et al., 2004; SILVA, 2003; SILVA et al., 2007), produção de óleo (PÉREZ et al., 2004).

Nos últimos anos, tem-se observado a implantação de inúmeros povoamentos no estado de Minas Gerais, principalmente nas áreas mais ao sul

do Estado. Com isso, a demanda por mudas de candeia teve um aumento significativo e viveiros foram montados com o objetivo principal de produção de mudas para tais projetos. Na região de Baependi, aproximadamente 40 pequenos produtores rurais receberam capacitação para produção de mudas e produzem todo ano, juntos, mais de 400 mil mudas. No verão de 2009/2010 foram plantadas na região cerca de 650 mil mudas de candeia.

Até o momento, no entanto, as mudas têm sido produzidas com materiais genéticos sem grau de melhoramento genético e os trabalhos de pesquisas também vêm sendo desenvolvidos com estas populações de candeia, o que impossibilita a seleção das melhores procedências e respectivas progênies, fator que é preponderante para o manejo adequado de qualquer espécie. Um trabalho realizado por Galdino et al. (2006) mostra que há diferenças nos rendimentos de óleo e também nos teores de alfabisabolol entre quatro procedências de *Eremanthus* ssp. do Estado de Minas Gerais. Com relação a características de crescimento, Silva (2007) e Silva, Rosado e Vieira (2005), encontraram diferenças significativas entre os materiais genéticos de candeia avaliados.

Com a possibilidade de seleção dentro da espécie, é possível implantar unidades de produção de sementes e, a partir destas, coletar propágulos de melhor qualidade genética para a produção de mudas seminais, além de possibilitar a realização de cruzamentos controlados como forma de obter novos materiais genéticos que serão testados ao longo do programa de melhoramento genético da espécie.

A coleta de sementes em árvores selecionadas genotipicamente permitirá, por exemplo, aumentar os níveis de produtividade atualmente alcançados pelos povoamentos naturais da espécie e também pelos plantios realizados até o momento. Alguns trabalhos com relação a estas produtividades mostram que, atualmente, os povoamentos alcançam níveis de 2 a 4 m<sup>3</sup>/ha.ano

(ALTOÉ, 2012; SILVA, 2009), valores que estão aquém dos atuais 40 m<sup>3</sup>/ha.ano (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB, 2010) obtidos por empresas do setor florestal com a cultura do eucalipto, espécie que até meados dos anos 70 apresentava valores inferiores a 13-30 m<sup>3</sup>/ha.ano (FERREIRA, 2005).

Além da obtenção de sementes de melhor qualidade, com o programa de melhoramento genético será possível iniciar a silvicultura clonal da espécie e o processo de produção massal de clones selecionados para os diferentes locais de plantio. A clonagem de espécies florestais, principalmente espécies do gênero *Eucalyptus*, tem sido amplamente utilizada pelas empresas do setor florestal e também, de forma indireta, por pequenos produtores rurais que vêem na utilização de clones a possibilidade de maiores retornos econômicos em seus projetos de reflorestamento.

A silvicultura clonal pode trazer avanços significativos com relação à implantação de povoamentos com a espécie *E. erythropappus*. Dentre estes benefícios, ressalta-se a possibilidade de utilização de materiais genéticos mais produtivos (seja em âmbito regional ou local); a formação de povoamentos mais uniformes do ponto de vista de crescimento e qualidade da madeira, principalmente com relação ao rendimento de óleo e aos teores de alfabisabolol na madeira; a possibilidade de contornar problemas de doenças que venham a surgir com o aumento das áreas cultivadas; a produção de mudas durante todo o período do ano, reduzindo a necessidade de coleta, beneficiamento e armazenamento das sementes; o aproveitamento de combinações genéticas específicas; dentre outros.

Desta maneira, o objetivo geral deste trabalho foi dar início a um programa de melhoramento genético da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MecLeish), a partir do delineamento de pesquisas envolvendo a seleção e resgate de árvores superiores em teste de procedências/progênes. Para que este objetivo fosse alcançado com maior eficiência, buscou-se, no Capítulo 1,



levantar todo o conhecimento disponível acerca da espécie *Eremanthus erythropappus*, assim como informações sobre melhoramento e a propagação vegetativa em espécies florestais.

De forma mais específica, os objetivos deste trabalho podem ser elucidados de acordo com os três últimos capítulos que o compõem:

No Capítulo 2, o objetivo foi verificar a existência de variabilidade genética em um teste de procedências/progênes da espécie candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish) e proceder a seleção das árvores a partir de características de crescimento, por meio de estudos genéticos.

Em seguida, no Capítulo 3, o objetivo foi verificar a eficiência da seleção precoce em 116 famílias de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus* avaliadas quanto aos caracteres de crescimento DAP, altura e volume de madeira, aos 24, 48, 60 e 67 meses após o plantio das mudas no campo.

Por último, no Capítulo 4, com base na importância de tornar mais eficiente o processo de clonagem da candeia para o atual e os futuros programas de melhoramento da espécie, o objetivo foi definir uma metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de *Eremanthus erythropappus*.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caracterização da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MecLeish)

*Eremanthus erythropappus* (DC.) MecLeish é uma espécie arbórea pertencente à família Asteraceae, sendo conhecida popularmente como candeia (CORREA, 1984). É uma espécie florestal de múltiplos usos e seus produtos mais atrativos são o óleo e a madeira que é de alta durabilidade natural. Cândido (1991) ressalta que, embora a candeia apresente uma taxa de crescimento inferior ao eucalipto, sua madeira dura cerca de cinco vezes mais, quando não é utilizado nenhum tipo de tratamento de preservação.

O óleo, cujo principal componente é o alfabisabolol, apresenta propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas (TEIXEIRA et al., 1996), sendo utilizado na indústria farmacêutica e de cosméticos principalmente na forma de pomadas, géis, loções cicatrizantes e hidratantes (PÉREZ, 2001).

A candeia é considerada precursora na invasão de campos (CARVALHO, 1994). Pode ocasionalmente aparecer em áreas de floresta mesófila, após perturbações levando à ocorrência de uma formação florestal chamada de candeal.

Uma característica peculiar da espécie é seu desenvolvimento em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente em áreas de campos de 1000 a 1.700 m de altitude (SCOLFORO et al., 2002). De acordo com Pérez (2001) e Scolforo et al. (2008a), é muito comum encontrar grandes candeais em locais em que seria difícil o desenvolvimento de outra espécie arbórea ou de uma cultura agrícola, pois, de acordo com Dias (2000), nos locais onde se estabelecem os candeais, geralmente o solo apresenta uma deficiência química

acentuada impossibilitando, por exemplo, a ocorrência de uma floresta mais densa.

Mesmo que esta espécie apresente uma alta adaptação a terrenos mais pobres e a condições inapropriadas ao crescimento de muitas outras espécies vegetais, este fato não a exclui de se estabelecer em terrenos melhores. Como acontece com a maioria das espécies, o crescimento vegetativo da candeia é menor em solos de pior qualidade, quando comparado ao seu crescimento em solos melhores (CÂNDIDO, 1991). No entanto, acredita-se que a menor concentração desta espécie nos locais de melhor qualidade do solo ou mesmo sua completa ausência, seja em função da baixa disponibilidade de luz causada pela maior competição devido à presença de outras espécies que, nestes ambientes, crescem a taxas superiores à da candeia (CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC, 1994).

Em alguns momentos, a espécie chega a ser confundida como pertencente ao grupo sucessional das pioneiras. Isto se deve a uma série de características apresentadas pela candeia, inerentes a espécies pioneiras, tais como: é considerada precursora na invasão de campos (CARVALHO, 1994; RIZZINI, 1979), colonizando solos arenosos e até mesmo pedregosos (ARAÚJO, 1944; RIZZINI, 1979), apresenta floração precoce, frutificação abundante durante todos os anos e maior necessidade de luz (CETEC, 1994). Outro fato que fazia com que a espécie fosse confundida como uma espécie pioneira era a teoria de que suas sementes apresentavam dormência, fato que Davide, Tonetti e Silva (2011) e Tonetti, Davide e Silva (2006) desmistificaram, concluindo que os baixos percentuais de germinação das sementes de candeia não eram causados pela dormência, mas sim, por um grande número de frutos vazios.

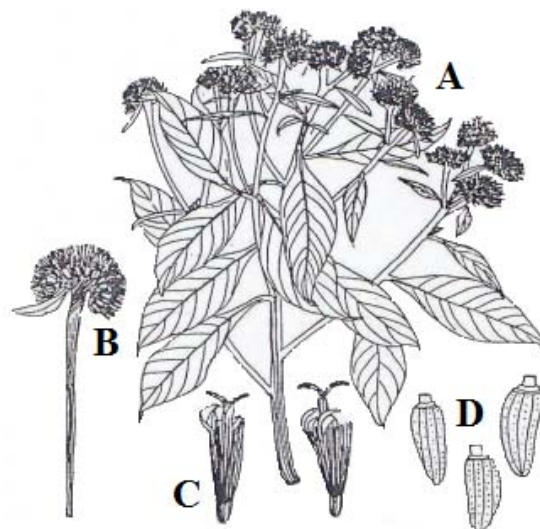
Segundo Scolforo et al. (2002), essa classificação de acordo com grupos sucessionais não se aplica às espécies de candeia, que são típicas de formações

abertas, formando candeais que são predominantes sobre as demais formas de vegetação na sua região de origem. Isto significa que, nos ambientes em que ocorrem os candeais, independente do estágio de regeneração, a grande predominância é da candeia.

A espécie, quando adulta, pode atingir até seis metros de altura e 50 centímetros de diâmetro e ocorre da Bahia até São Paulo (CORRÊA, 1984). A floração das candeias, inclusive da *Eremanthus erythropappus*, começa quando a planta atinge três anos de vida e, normalmente, ocorre no início do segundo semestre, entre os meses de julho a setembro (SIQUEIRA, 2002). No entanto, a época de floração varia de região para região e de ano para ano, visto que estes eventos estão intimamente ligados às condições ambientais, principalmente à umidade (CETEC, 1994). A frutificação se dá de dois a três meses após a floração, sendo a colheita dos frutos feita de setembro a novembro, quando os mesmos começam a apresentar queda espontânea (CÂNDIDO, 1991; SILVA, 2001).

Em muitas famílias, inclusive Asteraceae, a unidade de dispersão é uma semente aderida a uma estrutura de fruto. Para as espécies de candeia, a estrutura de dispersão é um aquênio (CHAVES; RAMALHO, 1996; DAVIDE et al., 2000) (Figura 1).

Até o momento, a espécie tem sido propagada exclusivamente via seminal e, segundo Tonetti (2004), o processo de germinação das suas sementes apresenta altos índices, desde que seja realizado o processo de limpeza física adequado. No entanto, estudos vêm sendo realizados com o intuito de desenvolver a propagação vegetativa da espécie (GOULART, 2003; ROSAL, 2004; REZENDE, 2007).



**Figura 1** Desenho esquemático de um galho de candeia. A: Inflorescência; B: Detalhe da inflorescência; C: Flor; D: Aquênio com semente em seu interior. Fonte: Adaptado de Araújo (1944).

Goulart (2003), trabalhando com propagação vegetativa de candeia, por meio do processo de estaquia, obteve valores baixos de enraizamento, sendo 15% o máximo percentual encontrado. Rezende (2007), estudando o enraizamento de estacas obtidas de brotações de cepas em campo, alcançou percentuais de enraizamento acima dos obtidos por Goulart (2003), com o máximo valor encontrado para estacas confeccionadas a partir do ápice das brotações (58%), mostrando que a obtenção de material propagativo mais juvenil favorece o processo de enraizamento das estacas de *Eremanthus erythropappus*.

Outros pontos têm sido alvo de pesquisas como forma de entender melhor os aspectos silviculturais da candeia. Abreu (2007) e Braga (2006), trabalhando com produção de mudas de candeia, encontraram alguns dos principais tipos de substratos e tamanhos de recipientes que devem ser utilizados na propagação sexuada de candeia. De acordo com resultados destes autores,

tubetes plásticos de 115 cm<sup>3</sup> são recipientes que propiciam um bom desenvolvimento das mudas e dentre os componentes básicos da formulação do substrato para a formação de mudas desta espécie em tubetes plásticos, o esterco de curral curtido deve ser evitado, pois o mesmo causa maior mortalidade e menor crescimento das mudas.

Venturin et al. (2005), estudando os aspectos nutricionais de plântulas de candeia, concluíram quais são os nutrientes que mais prejudicam o crescimento da espécie quando estão aquém das concentrações ideais no solo. Braga (2006) ainda estudou a influência das concentrações do adubo de liberação controlada na formação das mudas desta espécie, com relação à sobrevivência, às características morfológicas de qualidade das mudas e ao tempo necessário para formar uma muda dentro dos padrões mínimos de qualidade.

Pela demanda por materiais advindos da espécie *Eremanthus erythropappus* e por meio do conhecimento adquirido ao longo destes anos, plantios foram realizados pelas empresas que utilizam a madeira em seus processos industriais. Além destes plantios, outros foram realizados com o intuito de estudar melhor os fatores que podem interferir na sobrevivência e crescimento das plantas de candeia em campo, realizados em diversas áreas de ocorrência natural da espécie, tais como: Baependi, Carrancas, Conceição do Mato Dentro e São João da Mata (SCOLFORO et al., 2008b).

No entanto, até o momento, todos os plantios têm sido realizados por meio de material genético seminal e sem nenhum controle genético sobre as sementes coletadas para tal finalidade. Mesmo em espécies rústicas como a candeia, existe a necessidade de seleção de genótipos mais adaptados às diversas condições ambientais (SILVA; ROSADO; VIEIRA, 2005) e mais produtivos, possibilitando maior retorno econômico aos investidores.

## 2.2 Melhoramento florestal

O melhoramento vegetal possibilitou, ao longo dos anos, incrementos em produtividade e qualidade do produto final. De acordo com Borém e Miranda (2005), o melhoramento de plantas pode ser definido como a arte e a ciência que visam à modificação gênica das plantas para torná-las mais úteis ao homem.

O melhoramento vegetal é ciência antiga, porém o melhoramento florestal é relativamente recente, apresentando maior desenvolvimento a partir de 1950, principalmente com espécies do gênero *Pinus* nos Estados Unidos (RESENDE, 2005). No Brasil, um exemplo clássico de incremento em produtividade devido principalmente ao programa de melhoramento florestal, pode ser encontrado em Ferreira (2005), o qual relata o aumento no rendimento médio volumétrico dos plantios de espécies do gênero *Eucalyptus*, dos 13-30 m<sup>3</sup>/ha.ano até a década de 70, para 40 m<sup>3</sup>/ha.ano aproximadamente, após a introdução de espécies/procedências, avaliações e seleção dos melhores materiais genéticos.

Segundo Xavier, Wendling e Silva (2009), a seleção é um assunto de grande relevância na silvicultura de qualquer espécie e, de acordo com Kageyama (1980), somente com a existência de variabilidade genética é possível realizar seleção. O mesmo autor salienta que ganhos em produtividade são conseguidos se aplicada uma determinada intensidade de seleção sobre a variabilidade existente para a característica de interesse. Mas para que a seleção seja eficiente, é necessário quantificar a variabilidade natural da espécie por meio do estudo da estrutura genética das populações, possibilitando estabelecer estratégias racionais para a conservação da espécie e, conseqüentemente, seu melhoramento genético (DIAS, 1988).

No melhoramento genético, a resposta à seleção é diretamente proporcional à herdabilidade do caráter e à intensidade de seleção aplicada (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). Segundo os mesmos autores, herdabilidade pode ser definida como o parâmetro genético que expressa a proporção da variação genética na variação fenotípica. Ainda relatam que um dos meios para aumentar o ganho com a seleção é obter estimativas de herdabilidade mais altas, o que pode ser conseguido por um controle eficiente das condições ambientais.

Por outro lado, uma alternativa para elevar o ganho é aumentar a intensidade de seleção, reduzindo-se o número de indivíduos selecionados, fato que deve ser analisado com cautela, pois há risco de estreitamento da base genética, comprometendo-se ganhos futuros, e ainda a perda de alelos que conferem fenótipos desejáveis para características de interesse (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006).

A redução do número de materiais genéticos selecionados ou mesmo utilizados como base para o processo de melhoramento de uma espécie deve ser bastante ponderado. Pamplona (2000) argumentou sobre a perda gradativa da variabilidade genética em alguns programas de melhoramento de espécies da região amazônica, fato ocorrido devido ao pouco interesse em conservar material genético que não apresente características desejadas, porém, o mesmo material genético considerado de pouca importância hoje poderá ser de grande utilidade no futuro.

No caso da espécie *Eremanthus erythropappus*, a escolha dos indivíduos para a coleta de sementes e produção das mudas para os plantios realizados, até o momento, tem sido feita com base na seleção fenotípica. De acordo com Davide, Faria e Botelho (1995), as árvores matrizes de candeia selecionadas para tal finalidade devem ser vigorosas, apresentar boas condições fitossanitárias, ramos finos com ângulo de inserção próximos de 90 graus, tronco mais



cilíndrico possível, e constituírem-se em boas produtoras de sementes em várias colheitas.

Além disso, verifica-se a importância de classificação das árvores dentro de um candeal, pois de acordo com Davide et al. (2000), árvores dominadas ou suprimidas apresentam pouca ou nenhuma capacidade de produzir sementes. Como as árvores de candeia ocorrem de maneira agregada, devem-se selecionar aquelas com copas que estejam dominando suas vizinhas.

Contudo, com a seleção fenotípica, corre-se o risco de selecionar indivíduos que apresentam características superiores não pelo seu genótipo, mas sim por serem árvores mais velhas, ou seja, tiveram mais tempo para crescer e dominar suas vizinhas, fato normal em povoamentos naturais de uma espécie. Outro ponto que pode inferir na seleção errônea das árvores ditas superiores é com relação a algum fator ambiental que propicie melhores condições ao seu crescimento, em detrimento às outras árvores do povoamento. Bueno, Mendes e Carvalho (2006) comentam este fato afirmando que a variação biológica total de um caráter é descrita estatisticamente pela variância fenotípica, que é subdividida em dois componentes: a variância genética e a variância ambiental, ou seja, o fenótipo do indivíduo é função do seu genótipo, mas também do ambiente em que ele se encontra.

A seleção fenotípica é usualmente a mais utilizada no melhoramento vegetal devido a sua plasticidade, baixo custo, rapidez, além de refletir bem a interação “genótipo x ambiente”, que atua fortemente em espécies florestais. Entretanto, deve-se ter cuidado na avaliação de características com coeficiente de herdabilidade baixo, pois nesses casos os efeitos ambientais influenciam fortemente os resultados da seleção (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009), sendo que as características podem não passar de uma geração para a outra.

Pelos motivos apresentados, as seleções com base em estudos genéticos são mais indicadas do que aquelas com base apenas no valor fenotípico das

plantas individuais (PAIVA; RESENDE; CORDEIRO, 2002). A possibilidade de uso de testes de progênies para seleção de árvores superiores tem sido considerada a forma mais adequada e de maior eficiência (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). Sampaio, Resende e Araújo (2000) salientam que é mais eficiente ainda a utilização conjugada de testes de procedências/progênies. As procedências referem-se à localização geográfica e ambiental das árvores ou povoamentos estudados (FERREIRA; ARAÚJO, 1981), enquanto as progênies são referenciadas como famílias, das quais se tem controle pelo menos materno.

Por meio das progênies é possível estudar os componentes de variância e estimar a herdabilidade dos caracteres desejados (COSTA et al., 2000), aumentando a eficiência dos programas de melhoramento. Somado a isso, maior sucesso na seleção deverá ser alcançado, quanto maior for o número de indivíduos a serem testados (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009) e ou o número de progênies (FALCONER, 1987).

No caso da candeia, não existem até agora procedências, progênies ou clones testados que possam ser indicados para plantio em determinados ambientes ou regiões. Assim, como forma de, pelo menos, garantir uma boa adaptação das mudas desta espécie nos povoamentos implantados até o momento, Scolforo et al. (2002) recomendam que devem ser utilizadas fontes locais de sementes, ou seja, deve-se colher sementes de árvores selecionadas fenotipicamente na própria região de plantio, até que materiais genéticos selecionados estejam disponíveis.

Mesmo não existindo materiais genéticos selecionados de candeia, outros trabalhos básicos referentes aos aspectos genéticos da espécie foram realizados. Moura (2005), estudando aspectos genéticos em cinco populações naturais de *Eremanthus erythropappus*, verificou que a maior parte (96,5%) da variabilidade genética encontrava-se dentro das populações.

No entanto, segundo Kageyama (1980), quando se tem estudos deste tipo em uma gama maior de ambientes de ocorrência natural da espécie em estudo, a variação genética entre populações tende a ser maior que aquelas existentes em famílias selecionadas em uma mesma população e em um mesmo local. Estas respostas com relação à variabilidade genética de uma espécie irão depender da distância em que uma população está de outra, assim como da possibilidade de troca de pólen que é uma característica da espécie e de seus respectivos polinizadores.

Segundo Kageyama et al. (2003), dependendo da capacidade dos indivíduos de uma mesma espécie em trocar alelos, parte significativa da diversidade genética da espécie é amostrada quando se coleta sementes de diferentes indivíduos na mesma população em comparação com a coleta em diferentes populações. Consequentemente, para determinadas espécies e sob determinadas circunstâncias, a coleta de sementes pode ser realizada em uma só população, utilizando-se grande quantidade de indivíduos (KAGEYAMA; GANDARA, 2004).

Silva (2003) relata que, no caso específico da candeia que é de ampla ocorrência natural, principalmente no Estado de Minas Gerais, podem ocorrer altos níveis de variação entre e dentro de populações que necessitam ser quantificados para o estabelecimento de estratégias apropriadas de melhoramento genético e predições de ganhos decorrentes da seleção.

Para o início do programa de seleção de materiais genéticos superiores na candeia, que do ponto de vista de melhoramento genético é uma espécie selvagem, trabalhar inicialmente com no mínimo 100 famílias de meios-irmãos seria o recomendável, de acordo com o apresentado por Vencovsky (1987), ao relatar o tamanho efetivo populacional para garantir base genética na geração inicial a fim de sustentar as gerações subsequentes.

O tamanho efetivo ou  $N_e$  representa o tamanho da “amostra” de plantas, sementes ou propágulos que garante a representatividade genética de uma população coletada em relação à população parental (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009; VENCOVSKY, 1987), sendo o número de indivíduos que efetivamente participam na reprodução e que contribuem para a geração seguinte (MOURA, 2005).

A estimativa do tamanho efetivo é particularmente importante quando se pensa na coleta de germoplasma para a conservação genética *ex situ*, início de um programa de melhoramento e ou coleta de sementes para a recuperação ambiental (SEBBENN, 2002).

Pesquisas têm tentado determinar o número mínimo de indivíduos para se obter uma amostra representativa da diversidade genética de uma população vegetal (NUNNEY; CAMPBELL, 1993; RITLAND, 1989; VENCOVSKY, 1987). Recomenda-se, de maneira geral, para que se tenha uma conservação genética de curto prazo, minimizando os danos por depressão endogâmica, ter um  $N_e$  de 50. Isto não significa que será necessário coletar sementes de 50 matrizes, pois como em média cada matriz (árvore mãe) recebe o pólen de quatro árvores pais, considerando-se os cruzamentos como sendo aleatórios e em espécies alógamas, a coleta de sementes de 12 matrizes, desde que elas ou os pais não sejam aparentados, possibilita que se atinja um  $N_e$  de 50. Porém se houver desvios desses cruzamentos com relação ao parentesco dos pais (pais aparentados), cada árvore matriz representará um  $N_e < 4$ , sendo necessárias nessa situação número maior que 12 matrizes para se atingir um  $N_e$  total de 50. (SEBBENN, 2006; VENCOVSKY, 1987).

Barreira et al. (2006) concluíram que para a conservação *ex situ* da espécie *Eremanthus erythropappus*, início de um programa de melhoramento florestal e ou coleta de sementes para recuperação ambiental, a amostragem de sementes, em aproximadamente 50 indivíduos, seria suficiente para reter o

tamanho efetivo de 100. Já Moura (2005), ao estudar cinco populações naturais de *Eremanthus erythropappus*, concluiu que a coleta de sementes para a conservação *ex situ*, deverá contemplar pelo menos 60 árvores matrizes, garantindo, assim, a manutenção da variabilidade genética.

Ainda, segundo Xavier, Wendling e Silva (2009), quanto maior o número de materiais genéticos avaliados por unidade de tempo, maior é a possibilidade de sucesso com a seleção, porém este número deve ser compatível com os interesses, com a disponibilidade de material genético e com a situação ambiental envolvida. Quanto maior o número de indivíduos a serem testados, maior a área necessária e, conseqüentemente, maior a dificuldade em conseguir áreas uniformes, havendo o risco de haver redução da confiabilidade dos resultados.

A redução na confiabilidade dos resultados quando a área experimental é muito extensa ocorre, pois, de acordo com Gonçalves (1990), o crescimento de um povoamento florestal é resultante de processos fisiológicos, condicionados por um complexo de fatores biológicos e ambientais. Portanto, quanto maior a área necessária, maior a complexidade entre estes fatores.

Assim, na seleção de árvores superiores, devem-se minimizar os efeitos que possam refletir em um diferencial competitivo a favor de algumas plantas, evitando selecionar indivíduos na bordadura do plantio, próximos a clareiras, em depressões do terreno, próximos a curvas de nível, ou seja, evitar a seleção em micro climas que não representam as condições gerais do povoamento (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

Além destes fatores, deve-se ter em mente qual tipo de propagação será implementada durante o processo de melhoramento da espécie, uma vez que, de acordo com Resende (2007), quando o interesse for a propagação vegetativa, a seleção propriamente dita deve basear-se nos valores genotípicos. Quando o

interesse for a propagação sexuada dos indivíduos selecionados, a seleção deve ser feita com base nos valores genéticos aditivos.

### **2.3 Propagação vegetativa**

A produção de mudas de candeia é feita, exclusivamente, via seminal, e pela dificuldade de produção, ainda são poucos os viveiros que possuem controle nos aspectos relacionados ao processo. Trabalhos iniciais mostraram que a porcentagem de germinação das sementes de algumas espécies de *Eremanthus* é bastante baixa (CETEC, 1994; CHAVES; RAMALHO, 1996; DAVIDE et al., 2000). Uma hipótese levantada por Chaves e Ramalho (1996) é que a baixa porcentagem de germinação de sementes de candeia fosse devido a um grande número de aquênios sem embrião, fato que foi mais tarde constatado por Tonetti, Davide e Silva (2006).

A propagação vegetativa de espécies vegetais é uma poderosa ferramenta na formação de plantios clonais de alta produtividade e uniformidade, na multiplicação de indivíduos resistentes a pragas e doenças (ASSIS, 1996), e adaptados a sítios específicos, na transferência, de geração para geração, dos componentes genéticos aditivos e não-aditivos, resultando em maiores ganhos dentro de uma mesma geração de seleção. Além disso, é uma alternativa para a produção de mudas de espécies com sementes que apresentam baixo índice germinativo ou de difícil armazenamento, possibilitando a produção de mudas durante grande parte do ano, por meio de matrizes mantidas em viveiro.

A propagação vegetativa é um método pelo qual se propaga uma planta, utilizando partes vegetativas desta. De acordo com Pasqual (2000), a propagação assexuada ou vegetativa ocorre a partir de sucessivas mitoses, pois envolve apenas tecidos somáticos de qualquer parte da planta. Neste contexto, dois

fundamentos básicos regem a propagação assexuada: a totipotencialidade das células somáticas (cada célula contém toda a informação genética necessária à geração de um novo indivíduo) e a capacidade de regeneração dos tecidos vegetais.

A propagação vegetativa é muito dependente de fatores relacionados com a fonte de propágulos, ou seja, a planta a ser clonada. Dentre estes fatores, a fase de desenvolvimento na qual a planta se encontra merece atenção especial. O desenvolvimento das plantas lenhosas pode ser separado em duas fases conhecidas como juvenil e adulta (GONÇALVES, 1982; HACKETT, 1987; HUANG et al., 1990). A progressão da juvenilidade para a maturidade é frequentemente denominada maturação e, em espécies perenes, pode se estender por muitos anos (HUANG et al., 1990).

A perda da juvenilidade é um processo inerente ao crescimento e ao desenvolvimento de plantas de espécies lenhosas, pois de acordo com Monteuiis (1988 citado por ASSIS; MAFIA, 2007), o número de divisões celulares dos meristemas determina o nível de envelhecimento ontogenético atingido pelos tecidos.

Em algumas espécies há um gradiente crescente de juvenilidade em direção à base da árvore (ELDRIDGE et al., 1994; ZOBEL; TALBERT, 1984), sendo ele variável (HACKETT, 1987), o que promove aumento da maturação em razão da maior proximidade com o meristema apical (GREENWOOD; HUTCHISON, 1993). A maior juvenilidade da região basal das plantas se deve ao fato de que os meristemas mais próximos da base formaram-se em épocas mais próximas à germinação que o das regiões terminais (HARTMANN et al., 2002). Dessa forma, estacas coletadas de brotações mais próximas à base das árvores são, geralmente, mais fáceis de enraizar do que aquelas coletadas de áreas maduras da árvore (HACKETT, 1987).

Existem evidências de que algumas características, como a filotaxia, a forma e a retenção das folhas, a presença de espinhos e a pigmentação, que são associadas com a juvenilidade, são mantidas nas porções basais de plantas adultas de muitas espécies (HACKETT, 1987). Similarmente, brotações laterais mais distantes do ramo ou caule central apresentam menores graus de juvenilidade do que aqueles mais próximos (HUANG et al., 1990). Tais evidências dão suporte à hipótese de que a maturação tem bases celulares (HARTMANN et al., 2002), sendo o estado de maturação, função de divisões celulares cumulativas (GREENWOOD; HUTCHISON, 1993).

Em espécies lenhosas, a aptidão à propagação vegetativa está associada ao grau de maturação (BONGA, 1982), e a fase juvenil, na maioria das plantas, apresenta maior potencial de enraizamento quando comparada com a fase adulta (BONGA, 1982; GEORGE, 1993; HARTMANN et al., 2002).

Nos programas de melhoramento, a seleção de genótipos superiores ocorre basicamente na fase adulta. Assim, a maturação dos tecidos da planta, decorrente da transição da fase juvenil para a adulta, gera uma série de alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas que determinam a resposta do material genético à propagação vegetativa e, posteriormente, ao crescimento dos povoamentos florestais (HACKETT, 1987).

Na multiplicação de plantas adultas torna-se necessário explorar a maior capacidade de propagação de material juvenil, seja pela utilização de partes juvenis da planta ou pela promoção do rejuvenescimento de partes adultas (ASSIS, 1996; HACKETT, 1987). Dessa forma, o uso de métodos de rejuvenescimento é indispensável para se obter maiores índices de enraizamento dos propágulos vegetativos retirados dos indivíduos selecionados em programas de melhoramento e, conseqüentemente, formação de mudas com alto vigor.

Dentre os inúmeros meios de propagação vegetativa, as técnicas mais comuns e de maior aplicação na clonagem de espécies florestais são: enxertia,



estaquia e cultura de tecidos (PAIVA; GOMES, 2005; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). O enraizamento de propágulos por meio da estaquia é técnica de propagação vegetativa amplamente empregada em espécies exóticas de valor comercial e pode ser viável para propagar espécies nativas. Essa técnica pode proporcionar a produção de grande quantidade de mudas de boa qualidade em curto espaço de tempo, dependendo da facilidade de enraizamento de cada espécie, da qualidade do sistema radicular formado, do desenvolvimento posterior da planta (OLIVEIRA et al., 2001), e do grau de maturidade dos propágulos vegetativos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

Diante de limitações quanto à produção e enraizamento de alguns materiais genéticos pelos processos convencionais de estaquia, foram desenvolvidas a miniestaquia e a microestaquia, muito utilizadas para o gênero *Eucalyptus*. De acordo com Xavier, Wendling e Silva (2009), estas técnicas minimizaram algumas dificuldades no processo de produção de mudas de certos clones e espécies, principalmente no que se refere ao material adulto, variação entre clones, fatores relacionados ao enraizamento e desenvolvimento da futura árvore.

A técnica de miniestaquia consiste na utilização de brotações de plantas propagadas pelo método da estaquia convencional ou pela própria miniestaquia como fonte de propágulos. Geralmente, faz-se a poda do ápice da brotação da estaca enraizada, estando esta muda com aproximadamente 50 a 60 dias de idade. Em intervalos de 10 a 25 dias, dependendo da época do ano, clone/espécie, condições nutricionais, entre outras variáveis, o ápice podado emite novas brotações, que são coletadas para enraizamento, como descrito por Alfenas et al. (2004), Assis, Fett-Neto e Alfenas (2004), Higashi, Silveira e Gonçalves (2000), Wendling et al. (2000) e Xavier e Wendling (1998).

A miniestaquia surgiu como uma técnica de propagação clonal promissora. Visto o grande potencial, já no final da década de 90, a grande

maioria das médias e grandes empresas florestais que trabalham com *Eucalyptus* spp. empregava a miniestaquia em escala comercial (XAVIER; COMÉRIO, 1996).

Contudo, segundo Xavier e Comério (1996), em situações em que se trabalha com espécies/clones de difícil enraizamento, principalmente material adulto, o uso de técnicas mais sofisticadas como a micropropagação *in vitro*, visando a microestaquia, se torna indispensável para promover o rejuvenescimento e revigoramento do material vegetal.

Na micropropagação em *Eucalyptus*, por exemplo, a restauração de características juvenis, como o maior potencial de enraizamento, tem sido observada com o aumento do número de subcultivos *in vitro* (ASSIS; MAFIA, 2007; CHAPERON, 1987; HACKETT; MURRAY, 1993; XAVIER; COMÉRIO, 1996).

O resultado prático do rejuvenescimento é o aumento do índice de enraizamento. Dessa forma, certos clones que apresentam dificuldade de enraizamento e são descartados quando se utilizam os métodos tradicionais de propagação podem ser propagados operacionalmente, se derivados de plantas micropropagadas. Isso pode contribuir para o aumento dos ganhos, por permitir que se atinja o potencial genético esperado mediante o uso de maior número de clones recomendados, sem descartes de clones que são superiores em certas características, mas de baixo enraizamento. Esse aspecto adquire mais importância em programas baseados em espécies de difícil enraizamento.

As árvores adultas necessitam de técnicas especiais de reversão à juvenilidade para resgatar condições favoráveis para enraizamento e crescimento (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000). Dentre as inúmeras formas de reverter ou manter a juvenilidade, pode-se citar as podas drásticas, propagação vegetativa seriada via enxertia e estaquia (CHAPERON, 1987; GONÇALVES, 1982; GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1998; HIGASHI; SILVEIRA;

GONÇALVES, 2000), aplicações de reguladores de crescimento (GEORGE, 1993; GONÇALVES, 1982; HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000), tratamento térmico e com raios X (GONÇALVES, 1982) e a decepa (ALFENAS et al., 2004; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). A partir da obtenção do rejuvenescimento requerido, a propagação vegetativa torna-se mais eficiente com a utilização do enraizamento de estacas e ou miniestacas.

Pesquisas têm sido desenvolvidas com estaquia de espécies nativas, sendo algumas com o objetivo de enraizar propágulos que possam ser utilizados em projetos de recuperação de áreas degradadas (MELO, 2007; OLIVEIRA et al., 2001; SANTOS, 2009), planos de manejo (FRANZON; ANTUNES; RASEIRA, 2004), produção em massa e alternativa de renda para produtores rurais (GOULART, 2003; REZENDE, 2007), dentre outras. No entanto, muitos destes estudos têm sido inconclusivos quanto a sua viabilidade.

### 3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Pela demanda atual por produtos oriundos da espécie *Eremanthus erythropappus*, aliada à possibilidade de estreitamento da base genética nos candeais nativos ainda existentes, estudos com esta espécie tem-se intensificado nos últimos anos.

Dentre os estudos com a espécie, buscou-se conhecer e desenvolver a sua silvicultura. Desta forma, plantios foram e estão sendo realizados, principalmente nas áreas mais ao sul do Estado de Minas Gerais. No entanto, tais plantios são, até o momento, realizados com mudas seminais sem nenhum grau de melhoramento genético, o que limita a produtividade alcançada.

Portanto é imprescindível estudar a variabilidade genética nesta espécie e verificar a possibilidade de seleção a partir da instalação de testes delineados especialmente para isso, buscando aumentar a produtividade dos povoamentos de candeia e garantir a manutenção da diversidade genética ao longo dos anos.

Com base nas análises genéticas das características de interesse avaliadas, será possível selecionar materiais genéticos considerados superiores e estudar a melhor maneira de propagá-los. Se a opção for pela propagação seminal, áreas de produção de sementes devem ser planejadas e implantadas. Se a opção for pela clonagem, é necessário dar mais subsídios científicos a respeito do resgate de árvores superiores no campo e da propagação vegetativa da candeia.

A partir dos resultados, espera-se que o maior conhecimento acerca desta espécie possibilite, no futuro, aumentos na produtividade dos povoamentos de candeia, gerando maior retorno econômico àqueles que plantam esta espécie como forma de renda.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, G. A. **Influência do esterco bovino na produção de mudas de *Eremanthus erythropappus* (candeia)**. 2007. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.
- ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish) na produção e qualidade de óleo essencial**. 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- ARAÚJO, L. C. ***Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip: sua exploração florestal**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 54 p.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.
- ASSIS, T. F.; FETT-NETO, A. G.; ALFENAS, A. C. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwoods with emphasis on *Eucalyptus*. In: WALTER, C.; CARSON, M. (Ed.). **Plantation forest biotechnology for the 21<sup>th</sup> century**. Kerala: Research Signposts, 2004. p. 303-333.
- ASSIS, T. F.; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (Ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa, MG: Suprema, 2007. p. 93-121.
- BARREIRA, S. et al. Diversidade genética e sistema de reprodução em população nativa de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish sob exploração. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 71, p. 119-130, ago. 2006.
- BONGA, J. M. Vegetative propagation in relation to juvenility, maturity and rejuvenation. In: BONGA, J. M.; DURZAN, D. J. (Ed.). **Tissue culture in forestry**. Boston: M. Hijhoff, 1982. p. 387-412.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 525 p.

BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeisch. em tubetes.** 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CÂNDIDO, J. F. **Cultura da candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip.).** Viçosa, MG: UFV, 1991. 7 p. (Boletim de Extensão, 35).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira.** Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640 p.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Ecofisiologia da candeia.** Belo Horizonte, 1994. 104 p. (Relatório Técnico).

CHAPERON, H. Vegetative propagation of *Eucalyptus*. In: SIMPÓSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FORESTALES, 1., 1987, Buenos Aires. **Anales...** Buenos Aires: AFOCEL, 1987. p. 215-232.

CHAVES, M. M. F.; RAMALHO, R. S. Estudos morfológicos em sementes, plântulas e mudas de duas espécies arbóreas pioneiras da família Asteraceae (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip e *Vernonia discolor* (Spreng.) Less). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 1-7, jan./fev. 1996.

CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1984. v. 1, 669 p.

COSTA, R. B. et al. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 381-388, fev. 2000.

DAVIDE, A. C. et al. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de candeinha (*Eremanthus incanus* Less.) – Asteraceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 127-133, jan./mar. 2000.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 41 p.

DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; SILVA, E. A. A. Improvement to the physical quality and imbibition pattern in seeds of candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 321-326, jul./set. 2011.

DIAS, H. C. T. **Geoambientes e pedogênese do parque estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte**. 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

DIAS, I. S. **Variabilidade genética de diferentes tipos de populações naturais de bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham)**. 1988. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1988.

ELDRIDGE, K. et al. Mass vegetative propagation. In: \_\_\_\_\_. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon, 1994. p. 228-246.

ESTOPA, R. A. et al. Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 97-106, abr. 2006.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

FERREIRA, M. Projeto resgate, conservação e disseminação de materiais genéticos de eucaliptos no Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA TÓPICOS EM CONSERVAÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FLORESTAIS, 19., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 2005. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M.; ARAÚJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para teste de procedência**. Curitiba: EMBRAPA, 1981. 28 p. (Documentos URPFC, 6).

FRANZON, R. C.; ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. C. B. Efeito do AIB e de diferentes tipos de estaca na propagação vegetativa da goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* Berg). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, n. 4, p. 515-518, out./dez. 2004.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* spp) e a diferença das diferentes origens comerciais de sua madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

GEORGE, E. F. **Plant propagation by tissue culture: the technology**. 6<sup>th</sup> ed. England: Exegetics, 1993. 574 p.

GONÇALVES, A. N. **Reversão à juvenilidade e clonagem de *Eucalyptus urophylla* S. T. in vitro**. 1982. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1982.

GONÇALVES, I. L. M. **Interação genótipo-ambiente e relação entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média do Estado de São Paulo**. 1990. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1990.

GOULART, P. B. **Desenvolvimento de metodologia para enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeisch**. 2003. 32 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPH, 1998. v. 1, p. 183-260.

GREENWOOD, M. S.; HUTCHISON, K. W. Maturation as a development process. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. (Ed.). **Clonal forestry I: genetics and biotechnology**. Budapest: Springer-Verlag, 1993. p. 14-33.

HACKETT, W. P. Donor plant maturation and adventitious root formation. In: DAVIES, T. D.; HAISSIG, B. E.; SANKHLA, N. (Ed.). **Adventitious root formation in cuttings**. Portland: Dioscorides, 1987. p. 11-28. (Advances in Plant Sciences Series, 2).

HACKETT, W. P.; MURRAY, J. R. Maturation and rejuvenation in woody species. In: AHUJA, M. R. (Ed.). **Micropropagation of woody plants**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 93-105.



HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 7<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 2000. 10 p. (Circular Técnica, 192).

HUANG, L. C. et al. Rejuvenation of trees and other perennials for restoration of plant regeneration competence. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. (Ed.). **Técnicas e aplicações da cultura de tecidos em plantas**. Brasília: ABTCP/EMBRAPA-CNPq, 1990. p. 252-264.

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.

KAGEYAMA, P. Y. et al. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 93-107, abr. 2003.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: FAPESP, 2004. p. 249-269.

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.

MELO, L. A. **Estudo da propagação vegetativa e das alterações morfoanatômicas de plantas de *Cestrum laevigatum* – coarana – submetidas ao déficit hídrico e à hipoxia**. 2007. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

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.

NUNNEY, L.; CAMPBELL, K. A. Assessing minimum viable population size: demography meets population genetics. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 8, n. 7, p. 234-239, Nov. 1993.

OLIVEIRA, M. C. et al. **Enraizamento de estacas para produção de mudas de espécies nativas de matas de galeria.** Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Desenvolvimento, 2001. 4 p. (Recomendação Técnica, 41).

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação vegetativa de espécies florestais.** Viçosa, MG: UFV, 2005. 46 p. (Caderno Didático, 83).

PAIVA, H. N.; RESENDE, M. D. V.; CORDEIRO, E. R. Índice multiefeitos e estimativas de parâmetros genéticos em aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 799-807, jun. 2002.

PAMPLONA, E. S. B. **Variabilidade genética para características de crescimento em castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) no Vale do Rio Jari, Pará.** 2000. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

PASQUAL, M. **Propagação de plantas ornamentais.** Lavras: UFLA-FAEPE, 2000. 80 p.

PEREIRA, A. A. S. **Nutrição e adubação de candeia.** 1998. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

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.

PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish - a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 257-273, jul./dez. 2004.

RESENDE, M. D. V. Melhoramento de essências florestais. In: BORÉM, A. (Coord.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 589-647.

\_\_\_\_\_. **SELEGEN-REML/BLUP sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 360 p.

REZENDE, A. A. **Enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, Lancaster, v. 43, n. 4, p. 848-859, July 1989.

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

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.

ROSAL, L. F. **Germinação, indução de calos, micropropagação e anatomia foliar da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, nov. 2000.

SANTOS, J. P. **Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais da mata ciliar**. 2009. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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

\_\_\_\_\_. **Manejo de plantações de candeia**. Lavras: UFLA, 2008b. 26 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***: relatório técnico científico. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p.

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.

\_\_\_\_\_. Sistema de reprodução em espécies arbóreas tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Org.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 93-138.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo 2010**: dados de 2005-2010. Brasília: SFB, 2010. 152 p.

SILVA, A. C. **Variações genéticas em candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**: simbiose e desenvolvimento radicular e estabelecimento inicial em áreas degradadas. 2003. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVA, A. C. et al. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 609-617, jul./ago. 2007.

SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; VIEIRA, C. T. Variação genética entre e dentro de procedências de candeia (*Eremanthus erythropappus*) para a resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 400-405, jul./set. 2005.

SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SILVA, E. F. **Caracterização edáfica e fitossociologia em áreas de ocorrência natural de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Scl. Bip)**. 2001. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

SIQUEIRA, D. **Caracterização química da casca e madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2002. 21 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

SIQUEIRA, F. F. **Efeito de substratos contendo diferentes adubações na semeadura direta de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2008. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, 2008.

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.

TONETTI, O. A. O. **Melhoria da qualidade física e estudo da germinação de sementes de candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less. e *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac Leish)**. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 114-121, jan./fev. 2006.

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. **IPEF**, Piracicaba, v. 35, n. 1, p. 79-84, 1987.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, maio/ago. 2005.

WENDLING, I. et al. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 181-186, mar./abr. 2000.

XAVIER, A.; COMÉRIO, J. Microestaquia: uma maximização da micropropagação de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 20, n. 1, p. 9-16, jan./fev. 1996.

XAVIER, A.; WENDLING, I. **Miniestaquia na clonagem de *Eucalyptus***. Viçosa, MG: SIF, 1998. 10 p. (Informativo Técnico SIF, 11).

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. Viçosa, MG: UFV, 2009. 272 p.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505 p.

**CAPÍTULO 2 Variabilidade genética e seleção em teste de  
procedências/progênes de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.)  
MacLeish)**

**Resumo:** Com o intuito de verificar a existência de variabilidade genética em *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish e proceder a seleção nesta espécie, foi instalado em janeiro de 2005 na zona rural do município de Baependi, sul de Minas Gerais, um teste de procedências/progênes. O teste é resultante do plantio de mudas advindas de sementes de cinco regiões (procedências) do estado de Minas Gerais, totalizando 116 progênes. No campo, as mudas foram plantadas no delineamento experimental em blocos casualizados em sete repetições, com as 116 progênes das cinco procedências e seis plantas de cada progênie por parcela linear. Aos cinco anos e meio de idade foram realizadas avaliações das características DAP, altura e volume de madeira. A partir dos dados obtidos, procedeu-se os estudos genéticos, bem como a seleção das melhores procedências, progênes e indivíduos. Com base na análise das características de crescimento, conclui-se que existe variabilidade genética entre os diferentes materiais genéticos de *Eremanthus erythropappus* presentes no teste de procedências/progênes, permitindo a seleção entre e dentro das famílias, sendo possível selecionar os melhores indivíduos de cada progênie, aumentando ainda mais os ganhos com a seleção.

**Palavras-Chave:** Melhoramento florestal. Ganhos na seleção. Variabilidade genética.

## 1 INTRODUÇÃO

Inúmeros plantios com a espécie *Eremanthus erythropappus* (candeia) têm sido realizados, principalmente, na região mais ao sul do Estado de Minas Geraí. No entanto, até o momento, as mudas utilizadas em tais plantios têm sido produzidas com materiais genéticos sem grau de melhoramento genético. Além disso, os trabalhos de pesquisas iniciados com o propósito de desenvolver a silvicultura da espécie também vêm sendo conduzidos a partir da coleta de sementes em populações naturais por meio da seleção fenotípica de árvores no povoamento nativo, também chamados de candeais.

Em função da carência de mais conhecimento na parte de silvicultura da candeia, os plantios realizados têm apresentado, em média, produtividades de 2 a 4 m<sup>3</sup>/ha.ano, conforme pode ser observado em trabalho de Altoé (2012) e Silva (2009), que avaliaram o crescimento e a produção da candeia em plantio sujeito a diferentes formas de manejo. Desta forma, muito deve ser feito com o intuito de aumentar a produtividade dos plantios. Isto é necessário, uma vez que os estudos com esta espécie são recentes e tomaram impulso no fim da década de 1990.

Se for tomado como exemplo o caso da cultura do eucalipto no Brasil, onde as pesquisas com espécies do gênero *Eucalyptus* já alcançam os 100 anos, verifica-se que a partir dos trabalhos de melhoramento foi possível incrementar o rendimento médio volumétrico dos plantios dos 13-30 m<sup>3</sup>/ha.ano até a década de 70, para 40 m<sup>3</sup>/ha.ano aproximadamente, após a introdução de espécies/procedências, avaliações e seleção dos melhores materiais genéticos (FERREIRA, 2005).

Dentre os estudos com a candeia, trabalhos têm sido desenvolvidos com o intuito de conhecer mais acerca de aspectos silviculturais da espécie (ABREU, 2007; ALTOÉ, 2012; BRAGA, 2006; DAVIDE; TONETTI; SILVA, 2011;



GOULART, 2003; PEREIRA, 1998; REZENDE, 2007; SILVA, 2003, 2009; SIQUEIRA, 2008; TEIXEIRA et al., 1996; TONETTI; DAVIDE; SILVA, 2006; VENTURIN et al., 2005). Outros estudos, mais voltados aos aspectos genéticos, também foram e estão sendo desenvolvidos (BARREIRA et al., 2006; ESTOPA et al., 2006; FREITAS, 2001; MOURA, 2005; PÉREZ et al., 2004; SILVA, 2003; SILVA et al., 2007a, 2007b). Essas pesquisas são de suma importância, pois serão a base para os programas de melhoramento e seleção de indivíduos superiores, aspectos de relevância significativa para o manejo racional da espécie.

Silva et al. (2007a), avaliando o crescimento de mudas de candeia produzidas a partir de sementes de candeais nativos (um no município de Carrancas e outro em São Tomé da Letras, ambos no sul de Minas Gerais), verificaram existir variação genética entre os materiais genéticos estudados. Em outro estudo com a candeia, Galdino et al. (2006) verificaram diferenças quanto ao rendimento de óleo e teor de alfabisabolol em lotes de madeira provenientes de diferentes locais do Estado de Minas Gerais. Apesar dos autores não terem analisado estas diferenças por meio de estudos genéticos, o resultado é um indício de que a produção de madeira, assim como a de óleo, podem ser incrementadas por meio do melhoramento genético.

Moura (2005), estudando aspectos genéticos em cinco populações naturais de *Eremanthus erythropappus*, verificou que a maior parte (96,5%) da variabilidade genética encontrava-se dentro das populações. De maneira geral, as espécies alógamas mantêm a maior parte da sua variação genética dentro de cada uma das suas populações, enquanto que, em espécies autógamas, esta variação encontra-se entre populações (HAMRICK; GODT, 1990).

O fato de a maior variabilidade ser encontrada dentro das populações pode ocorrer por uma série de motivos. Loveless e Hamrick (1984) relatam que espécies com grandes populações, com sistema misto de reprodução e

mecanismos eficientes de dispersão de pólen e sementes, de maneira geral, apresentam alta variação genética dentro das populações e baixa entre estas. Neste contexto, segundo Barreira et al. (2006) e Moura (2005), a candeia pode ser considerada uma espécie de reprodução mista, predominantemente de fecundação cruzada, com taxas de autofecundação baixas.

Os resultados obtidos por Barreira et al. (2006) e Moura (2005) quanto ao sistema reprodutivo da candeia, espécie predominantemente de fecundação cruzada, são de suma importância. O sistema reprodutivo é quem determina como as informações genéticas serão transferidas de uma geração para a outra. A caracterização do sistema de cruzamento de uma espécie é fundamental para programas de melhoramento genético e de conservação, permitindo o delineamento de estratégias que aperfeiçoem a amostragem da variabilidade genética e a adoção de modelos genéticos e estatísticos apropriados para a estimativa de seus parâmetros genéticos (LOVELESS; HAMRICK, 1984).

Barreira et al. (2006), estudando uma população natural de candeia no município de Baependi, MG, salientam que os níveis de diversidade genética observados na população de *Eremanthus erythropappus* encontram-se entre os mais altos detectados em espécies arbóreas tropicais.

O conhecimento a respeito da variabilidade natural de uma espécie é essencial para que a seleção seja eficiente (DIAS, 1988). Segundo Kageyama (1980), somente é possível realizar seleção com a existência de variabilidade genética, sendo a seleção um assunto de grande relevância na silvicultura de qualquer espécie (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). De acordo com Dias (1988), a variabilidade natural da espécie pode ser quantificada por meio do estudo da estrutura genética das populações, possibilitando estabelecer estratégias racionais para a conservação da espécie e, conseqüentemente, seu melhoramento genético.

Barreira et al. (2006) concluíram que, para o início de um programa de melhoramento florestal, a amostragem de sementes, em aproximadamente 50 indivíduos de candeia, seria suficiente para reter um tamanho efetivo ( $N_e$ ) de 100 na próxima geração, valor este superior ao  $N_e$  citado como referência (50) em outros estudos (NUNNEY; CAMPBELL, 1993; RITLAND, 1989; VENCOVSKY, 1987). Já Moura (2005), ao estudar cinco populações naturais de *Eremanthus erythropappus*, concluiu que a coleta de sementes para a conservação *ex situ* deverá contemplar pelo menos 60 árvores matrizes, garantindo, assim, a manutenção da variabilidade genética.

Para a candeia, a forma de seleção das árvores em que são coletadas as sementes tem sido realizada exclusivamente por meio da seleção fenotípica (SCOLFORO et al., 2002). A seleção fenotípica é usualmente a mais utilizada no melhoramento vegetal devido a sua plasticidade, baixo custo, rapidez, além de refletir bem a interação “genótipo x ambiente”, que atua fortemente em espécies florestais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). No entanto, este tipo de seleção pode não ser eficiente devido a inúmeros fatores que interferem no fenótipo de um indivíduo (BUENO; MENDES; CARVALHO, 2006). Contudo, somente o valor fenotípico do indivíduo pode ser diretamente medido, mas é o valor genético que determina sua influência na próxima geração (FALCONER, 1987).

As seleções com base em estudos genéticos são mais indicadas do que aquelas com base apenas no valor fenotípico das plantas individuais (PAIVA; RESENDE; CORDEIRO, 2002). A possibilidade de uso de testes de progênies para seleção de árvores superiores tem sido considerada a forma mais adequada e de maior eficiência (SHELBOURNE; COCKREN, 1969 citados por KAGEYAMA et al., 1980; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). Segundo os mesmos autores, os testes de progênies vêm sendo utilizados com bastante frequência, principalmente nos programas de melhoramento. Por meio das

progênies é possível estudar os componentes de variância e estimar a herdabilidade dos caracteres desejados (COSTA et al., 2000), aumentando a eficiência dos programas de melhoramento. Somado a isso, maior sucesso na seleção deverá ser alcançado, quanto maior for o número de indivíduos a serem testados (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009) e ou o número de progênies avaliadas (FALCONER, 1987).

Sampaio, Resende e Araújo (2000) salientam que a seleção genotípica é mais eficiente ainda com a utilização conjugada de testes de procedências/progênies, que exploram a variabilidade natural entre e dentro de populações e entre indivíduos (FERREIRA, 1992). As procedências referem-se à localização geográfica e ambiental das árvores ou povoamentos estudados (FERREIRA, 1980; FERREIRA; ARAÚJO, 1981), enquanto as progênies são referenciadas como famílias, das quais se tem controle pelo menos materno.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a existência de variabilidade genética em um teste de procedências/progênies de candeia e proceder à seleção das árvores a partir de características de crescimento.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do experimento

Os estudos genéticos para a seleção de matrizes foram conduzidos a partir dos dados obtidos em um teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*. Esse teste foi montado como parte integrante do Projeto Manejo Sustentado da Candeia, no qual pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras iniciaram os trabalhos com manejo e silvicultura da candeia, em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais e a empresa CITRÓLEO.

A instalação do teste de procedências/progênes se deu em janeiro de 2005, na zona rural do município de Baependi no sul de Minas Gerais. Segundo a classificação de Köppen, possui clima Cwb (tropical de altitude) com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A temperatura média anual varia entre 18 e 19°C e a média pluviométrica é de 1.400 mm, com chuvas mais concentradas entre dezembro e março, e os meses de junho, julho e agosto compreendendo o período seco (BRASIL, 1992).

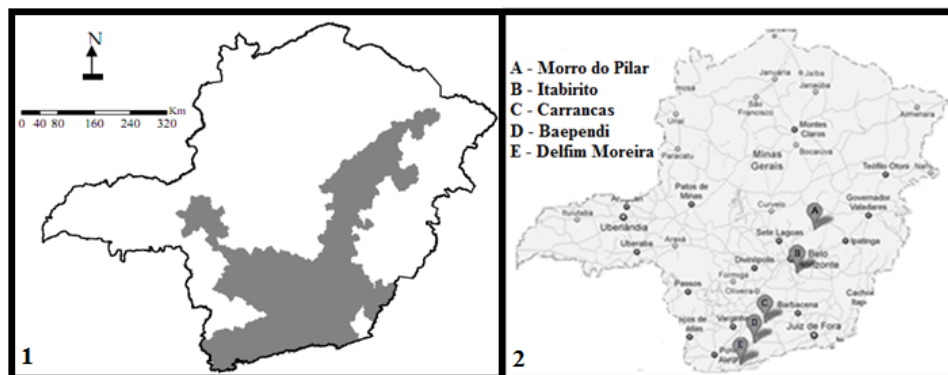
O teste é resultante do plantio de mudas advindas de sementes de cinco regiões do Estado de Minas Gerais (Morro do Pilar, Itabirito, Carrancas, Baependi e Delfim Moreira) (Tabela 1). Cada uma dessas regiões foi considerada como sendo de uma procedência (A, B, C, D e E). Para cada procedência, foram coletadas sementes de 24 matrizes com polinização livre, exceto Morro do Pilar, que possui 20 árvores matrizes.

**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 *E. erythropappus*

Município	Procedência	Nº de progênies por procedência	Lat (Sul)	Lon (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 progênies</b>		116				

## 2.2 Material vegetal

Os cinco locais foram escolhidos para a coleta das sementes, por apresentarem candeais nativos e por representarem uma boa amostragem das áreas de ocorrência natural da espécie no Estado de Minas Gerais (Figura 2).



**Figura 2** Ocorrência natural da espécie *Eremanthus erythropappus* no Estado de Minas Gerais (1) e; regiões no Estado de Minas Gerais em que foram selecionadas as árvores matrizes para a coleta das sementes (2). Fontes: NEMAF (2005 citado por MOURA, 2005) e adaptado de GoogleMaps (2011).

Nessas áreas, as árvores foram selecionadas a partir das características silviculturais de interesse, como proposto por Davide, Faria e Botelho (1995)

para a seleção de árvores matrizes em espécies florestais nativas. Na seleção das árvores, tomou-se o cuidado de que estas estivessem distanciadas umas das outras, em pelo menos 100 m em distância horizontal, como forma de evitar a coleta de sementes em árvores aparentadas, como proposto por Davide e Silva (2008), Ferreira e Araújo (1981) e Piña-Rodrigues et al. (2007). Após a seleção, as árvores foram georreferenciadas, com auxílio de um GPS. Os dados contendo os pontos foram armazenados para serem acessados e utilizados na localização das árvores matrizes ao longo do processo de melhoramento da espécie.

As sementes foram coletadas no período compreendido entre setembro e outubro de 2004, mantidas separadas e identificadas. Passaram por um processo de secagem em sol para posterior beneficiamento, segundo metodologia também utilizada por Tonetti, Davide e Silva (2006).

Em seguida, as sementes de cada uma das 116 progênies foram semeadas em tubetes de polietileno com capacidade volumétrica de 110 cm<sup>3</sup>. As técnicas para a produção das mudas de candeia seguiram a mesma metodologia proposta por Scolforo et al. (2008a). Durante todo o processo de produção das mudas, as progênies foram mantidas separadas e identificadas.

Em janeiro de 2005, quando as mudas atingiram altura da parte aérea entre 20 e 30 cm e diâmetro do coleto acima de 3,0 mm, estas foram levadas para o plantio em campo.

### **2.3 Implantação do experimento**

Antes do plantio, o solo foi sulcado em nível até uma profundidade de aproximadamente 30 cm, uma vez que o terreno apresentava características de campo, com vegetação composta por gramíneas pouco agressivas (SCOLFORO et al., 2008a).

No campo, as mudas foram plantadas no delineamento experimental de sete blocos casualizados, com as 116 progênies e seis plantas de cada progênie por bloco, distribuídas em parcela linear. Cada linha de plantio foi composta por quatro progênies, totalizando 24 plantas por linha de plantio. O espaçamento de plantio foi de 2,5 m entre linhas e 2,0 m entre plantas com bordadura externa única em cada bloco. Utilizou-se 150 g por cova de NPK (08:28:16) no ato do plantio.

Ao longo do período experimental, foram tomadas todas as precauções para que as plantas de candeia pudessem se desenvolver, evitando principalmente a ocorrência de incêndios e o ataque de formigas.

#### **2.4 Avaliações**

Em julho de 2010, aos cinco anos e meio após a implantação do experimento, foi realizada uma avaliação ao nível de plantas, das características de crescimento (circunferência à altura do peito – CAP e altura das árvores). A partir da divisão do CAP pelo valor de  $\pi$  (3,14159...), foi obtido o DAP (diâmetro à altura do peito). O CAP foi medido com auxílio de uma fita métrica e a altura foi obtida com auxílio de uma vara com oito metros de comprimento e graduada em centímetros.

Com relação às medições das características de crescimento, nos casos em que a árvore possuía mais de um fuste, realizou-se a mensuração de todos os CAPs e as alturas de todos os respectivos fustes. No entanto, para a finalidade de seleção deste trabalho, foram utilizados os dados obtidos apenas do fuste principal, sendo este considerado o de melhor desempenho em relação aos demais. Esta decisão foi tomada uma vez que o objetivo seria obter árvores de fuste único e com maior crescimento em diâmetro.



Os dados de DAP e altura das árvores foram utilizados para estimar o volume de cada indivíduo. Para a obtenção do volume individual, foram cubadas 406 árvores dentro do teste de procedências/progênes com o objetivo de ajustar uma equação de predição de volume para a espécie *Eremanthus erythropappus* neste povoamento plantado. Para isso, foram selecionadas duas plantas por linha de plantio, totalizando 58 plantas por bloco, visto cada bloco possuir 29 linhas. A Figura 3 ilustra como foi realizada a seleção das duas árvores por linha, dentro do teste de procedências/progênes em seis linhas de um determinado bloco. Esta escolha partiu de uma ressalva inicial que era não selecionar árvores pertencentes à mesma progênie dentro do mesmo bloco.

B	23	23	23	23	23	23	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	11	11	11	11	11	11	B
B	8	8	8	8	8	8	12	12	12	12	12	12	20	20	20	20	20	20	24	24	24	24	24	24	B
B	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	16	16	16	16	16	16	5	5	5	5	5	5	B
B	15	15	15	15	15	15	25	25	25	25	25	25	3	3	3	3	3	3	17	17	17	17	17	17	B
B	10	10	10	10	10	10	19	19	19	19	19	19	22	22	22	22	22	22	13	13	13	13	13	13	B
B	9	9	9	9	9	9	18	18	18	18	18	18	1	1	1	1	1	1	14	14	14	14	14	14	B

**Figura 3** Seleção de duas árvores por linha de plantio, para a cubagem em teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*. Em que: 23, 7, ..., 14, representam hipoteticamente os números de identificação das progênes; B: representa a bordadura única no entorno de cada bloco.

Para a realização da cubagem foi necessário mensurar seções consideradas cilindros perfeitos, devido ao grande número de ramificações encontradas na maioria das árvores de candeia (Figura 4). Estes cilindros variaram suas dimensões entre 10 e 120 cm de comprimento, dependendo da existência ou não de inserção das ramificações. Com a utilização de fita métrica, foram mensurados: o comprimento e a circunferência no meio de cada seção, para posterior transformação em diâmetro.



**Figura 4** Grande número de ramificações ao longo do fuste em árvores de *Eremanthus erythropappus* dentro do teste de procedências/progênes, aos cinco anos e meio de idade, em Baependi, MG.

As mensurações foram realizadas até a altura dos fustes em que fosse encontrada circunferência igual a 9,0 cm. A partir deste ponto, foi mensurado o comprimento até o ápice da planta, sendo considerada, esta parte, como um cone perfeito. Para a determinação do volume total, somaram-se os volumes obtidos em cada seção considerada um cilindro perfeito e o volume da seção desde 9,0 cm de circunferência até o ápice (cone perfeito).

Por meio de regressão dos dados de altura do fuste principal e DAP (obtido a partir do CAP) com o volume das árvores cubadas, estimaram-se os coeficientes para a equação de predição de volume para *Eremanthus erythropappus* neste povoamento plantado. Para isso foram utilizados três diferentes modelos para estimar o volume das árvores (Tabela 2). Os ajustes foram feitos no programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

**Tabela 2** Modelos testados para estimar o volume de candeia no teste de procedências/progênes, em função do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total

<b>Autor</b>	<b>Modelo</b>
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 Dap^2 H + \epsilon_i$
Spurr (logarítmica)	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Dap^2 H) + \ln(\epsilon_i)$
Schumacher e Hall	$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 \ln(Dap) + \beta_2 \ln(H) + \epsilon_i$

Os modelos ora analisados foram empregados devido ao fato de terem sido aplicados com sucesso na estimativa do volume de candeia quando comparados a outros modelos volumétricos comumente empregados na literatura. O modelo de Schumacher e Hall (1933) foi destacado como superior por Scolforo et al. (2004), enquanto o modelo de Spurr (1952), na sua forma logarítmica foi aplicado com sucesso por Scolforo et al. (2008b).

Como forma de selecionar o modelo de ajuste que melhor representasse a base de dados, foi utilizado o critério de informação de Akaike (Akaike's information criterion – AIC), desenvolvido por Akaike (1974).

## 2.5 Seleção dos materiais genéticos

A partir dos dados de DAP, altura total e volume de madeira, foi realizada a seleção dentro do teste de procedências/progênes. A seleção com base nos parâmetros genéticos das melhores procedências, progênes e indivíduos foi realizada pelo método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *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).

$$Y = Xr + Za + Wp + Ts + e$$

Em que:

$Y$  - é o vetor de dados;

$r$  - é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral;

$a$  - é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios);

$p$  - é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios);

$s$  - é vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios);

$e$  - é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A partir da organização dos dados e com base em metodologia encontrada em Resende (2007), procedeu-se à análise dos dados referentes às características silviculturais de crescimento da candeia, utilizando-se para isso o *software* genético-estatístico SELEGEN REML/BLUP. Depois de inseridos os dados e submetidos à análise, o SELEGEN fornece as seguintes estimativas de componentes de variação e coeficientes de herdabilidade para o modelo utilizado:

Va: variância genética aditiva.

Vparc: variância ambiental entre parcelas.

Vproc: variância genética entre populações ou procedências.

Ve: variância residual.

Vf: variância fenotípica individual.

$h_{2a} = h_2$ : herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos.

$c_{2\text{parc}} = c_2$ : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela.

$c_{2\text{proc}} = c_{21}$ : coeficiente de determinação dos efeitos de populações.

CV<sub>gi</sub>%: coeficiente de variação genética aditiva individual.

CV<sub>gp</sub>%: coeficiente de variação genotípica entre progênies.

CV<sub>e</sub>%: coeficiente de variação residual.

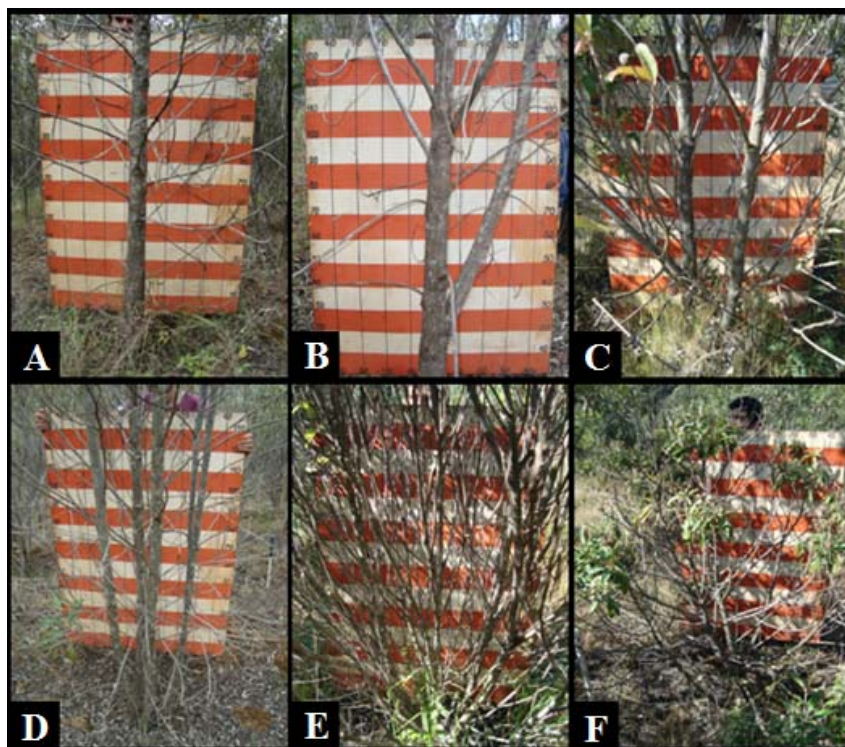
Média geral do experimento.

Na análise de modelos mistos para verificar se existem diferenças significativas entre os tratamentos, segundo Resende (2006), o SELEGEN utiliza o teste da razão de verossimilhança (LRT), fazendo a diferença entre as “deviances” para modelos sem e com o efeito de interesse, obtendo a razão de verossimilhança (LR), a qual terá sua significância testada pelo teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

Como forma de inferir sobre comparações múltiplas entre os genótipos estudados (progênies), baseando-se em seus valores genotípicos preditos, foi analisada a sobreposição entre os intervalos de confiança dos valores genotípicos por meio da expressão  $(u + g) \pm t SEP$ , em que  $t = 1,96$  é o valor tabelado da distribuição t de Student. Os valores genotípicos preditos ( $u + g$ ), em conjunto com a estimativa SEP foram utilizados para a obtenção de intervalos de confiança. Isto também foi um resultado obtido a partir da análise dos dados no SELEGEN e apresentado num arquivo com extensão “.fam” (RESENDE, 2007). Vale ressaltar que SEP é desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo ausência de perda de parcelas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As mudas de candeia pertencentes às 116 progênies das cinco procedências, plantadas em janeiro de 2005, se desenvolveram e ao longo dos cinco anos e meio, fenotipicamente, apresentaram peculiaridades em relação principalmente à estrutura do fuste. No teste de procedências/progênies foram encontradas árvores com apenas um fuste (Figura 5A), árvores com dois fustes, sendo estes saindo de variadas alturas do fuste principal em relação ao solo (Figura 5B) ou da base da planta (Figura 5C), árvores com inúmeros fustes (Figura 5D) e plantas que, pela grande quantidade de galhos, se assemelhavam a arbustos, perdendo a característica arbórea da espécie (Figuras 5E e 5F).



**Figura 5** Diferentes estruturas de fustes em árvores de *Eremanthus erythropappus* com cinco anos e meio de idade, presentes no teste de procedências/progênies, em Baependi, MG.

Conforme pode ser verificado pela Figura 5, é fácil perceber a grande discrepância fenotípica entre os materiais genéticos de candeia presentes no experimento, o que ocasiona, conseqüentemente, diferenças quanto às características de crescimento analisadas (DAP, altura e volume de madeira).

Com relação ao volume de madeira, de acordo com o critério de informação de Akaike (AKAIKE, 1974), a estratégia de ajuste que apresentou o menor valor de AIC foi a do modelo de Schumacher e Hall. A Tabela 3 mostra os parâmetros desta equação, todos sendo significativos a 99% de probabilidade.

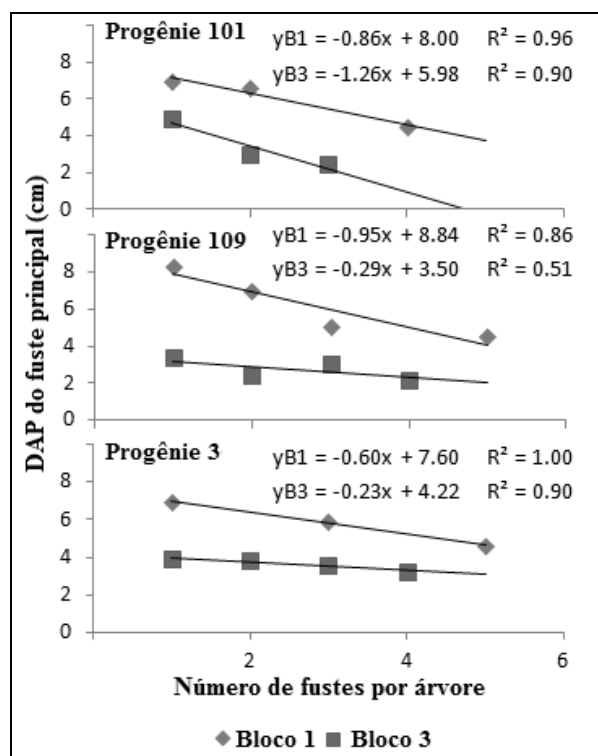
**Tabela 3** Parâmetros ajustados e estatísticas de precisão para o modelo de Schumacher e Hall para o povoamento de *Eremanthus erythropappus*, em Baependi, MG

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
$\beta_0$	-8,78608
$\beta_1$	1,83257
$\beta_2$	0,47149
$R^2$ (%)	77,6
$S_{yx}$ (m <sup>3</sup> )	0,0007

Desta forma, o modelo de Schumacher e Hall com os parâmetros ajustados (Tabela 3), foi o escolhido para estimar o volume de madeira das árvores de candeia. No entanto, deve-se ressaltar que na estimativa do volume total das árvores de candeia, houve subestimação dos valores reais em árvores com mais de um fuste, pela utilização apenas dos dados do fuste principal de cada árvore. Porém, os valores alcançados serviram prioritariamente para a comparação dos materiais genéticos testados, analisando a qualidade de cada árvore pelo seu fuste principal ou se fosse realizada uma poda para conduzir árvores com fuste único. Esta decisão foi tomada uma vez que o objetivo da seleção seria alcançar árvores com o máximo de volume, porém com o menor número possível de fustes.

Silviculturalmente é mais aceitável árvores com apenas um fuste, o que facilita as práticas no campo e evita a necessidade da realização de podas. Além

disso, a tendência é que uma árvore com apenas um fuste apresente DAP superior ao DAP do fuste principal de uma árvore com mais de um fuste, considerando árvores da mesma progênie e no mesmo bloco (Figura 6).



**Figura 6** Diâmetro à altura do peito (DAP) do fuste principal em função do número de fustes em árvores de três progênies de *Eremanthus erythropappus*, aos cinco anos e meio de idade, em Baependi, MG.

Conforme verificado visualmente (Figura 5), ao analisar os dados de volume, DAP e altura das árvores de candeia presentes no teste de procedências/progênies, pode-se afirmar a existência de significância dos efeitos de genótipos via teste da razão de verossimilhança (LRT) e análise de “Deviance” (Tabela 4), conforme descrito por Resende (2007).



**Tabela 4** “Deviances” e significância do teste LRT aplicados aos efeitos de procedência, progênie (genótipo) e parcela, para os caracteres de crescimento de *Eremanthus erythropappus*, aos cinco anos e meio, em Baependi, MG

<b>Deviance</b>	<b>Volume</b>	<b>DAP</b>	<b>Altura</b>
Procedência +	- 44607,6316 (2,0648 <sup>ns</sup> )	3405,1846 (2,3830 <sup>ns</sup> )	-15,9689 (2,6015 <sup>ns</sup> )
Genótipo +	- 44255,5574 (354,1390 <sup>**</sup> )	3711,2348 (308,4332 <sup>**</sup> )	555,2175 (573,7879 <sup>**</sup> )
Parcela +	- 44592,2386 (17,4578 <sup>**</sup> )	3425,3208 (22,5192 <sup>**</sup> )	41,3580 (59,9284 <sup>**</sup> )
Modelo Completo	- 44609,6964	3402,8016	-18,5704

(\*\*): significativo a 1% de significância; (<sup>ns</sup>): não significativo.

Qui-quadrado ( $X^2$ ) tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente:

( ) Teste da Razão de Verossimilhança – LRT, havendo distribuição com 1 grau de liberdade para o  $X^2$

“+” Deviance do modelo ajustado sem os referidos efeitos.

Pode-se verificar, pela tabela 4, que para as três características avaliadas, os efeitos de genótipos e de parcelas são significativos a 1%, enquanto os efeitos de procedências não apresentaram diferenças a 5% de probabilidade. Conseqüentemente os respectivos componentes de variância de genótipos e parcelas são significativamente diferentes de zero assim como os respectivos coeficientes de determinação (herdabilidade dos efeitos genotípicos –  $h^2$  e coeficiente de determinação dos efeitos de parcela - $c_2$ parc) (Tabela 5).

Além da análise de “Deviance”, pode-se inferir sobre a significância dos efeitos genotípicos por meio da estimativa da herdabilidade individual ( $h^2_a$ ) e do seu respectivo desvio padrão. Para o volume, o valor da herdabilidade foi 0,1904 (0,0399); para o DAP, 0,2160 (0,0425) e, para a altura, 0,4801 (0,0630). Entre parênteses encontram-se os respectivos valores de desvio padrão, evidenciando que existe pelo menos uma diferença significativa entre as médias dos materiais genéticos avaliados. Estes valores podem ser considerados de média magnitude, pois uma  $h^2 < 0,15$  é considerada como de magnitude baixa, média quando  $0,15$

$h^2 > 0,50$  e alta quando  $h^2 > 0,50$  (RESENDE, 2002). Os valores encontrados neste trabalho encontram-se entre os resultados obtidos na literatura para as características de crescimento, pois como relatado por Sturion et al. (1994), estes caracteres são de natureza quantitativa.

**Tabela 5** Componentes de variância e coeficientes de determinação de procedências, genótipos e parcelas, para os caracteres de crescimento de *Eremanthus erythropappus*, aos cinco anos e meio, em Baependi, MG

Efeito	Volume	DAP	Altura
	Componentes de Variância		
Procedência	0,000000	0,007441	0,006141
Genótipo	0,000001**	0,219271**	0,230272**
Parcela	0,000001**	0,239572**	0,144840**
Residual	0,000002	0,548693	0,098382
-----			
Coeficientes de Determinação			
Procedência	0,006493	0,007331	0,012803
Genótipo	0,250000**	0,216035**	0,480099**
Parcela	0,255147**	0,236037**	0,301980**

(\*\*): significativo a 1% de significância pelo teste  $X^2$ .

De acordo com Falconer (1987), quando a herdabilidade é alta, ou seja, próxima a um, diz-se que o controle genético é alto e esta característica é altamente herdável. Isso significa que o fenótipo apresentado é um indicativo do genótipo. Por outro lado, quando a herdabilidade é baixa, próxima de zero, diz-se que a característica é altamente influenciada pelo ambiente (FALCONER, 1987). No entanto, o valor encontrado para a herdabilidade pode ser muito influenciado pelo próprio ambiente, mesmo a característica sendo herdável. Um exemplo disso é quando em um experimento montado em blocos casualizados, nos quais se considera que dentro de cada bloco exista homogeneidade e na realidade, isto não ocorre. Segundo Falconer (1987), maiores variações nas condições ambientais reduzem a herdabilidade.

Com relação ainda à estimativa da herdabilidade, quando as avaliações dos genótipos são realizadas em apenas um local, a interação genótipo x ambiente está inserida no efeito genotípico, acarretando, segundo Zobel e

Talbert (1984), duas consequências: (i) a herdabilidade pode ser superestimada, resultando na superestimação de ganhos quando o plantio do material genético selecionado é feito num ambiente não testado; (ii) os melhores genótipos no ambiente testado podem não ser os melhores naqueles não testados.

Além disso, é importante compreender que a herdabilidade é uma propriedade que não depende apenas do caráter em questão (DAP, altura ou volume de madeira), mas sim do caráter da população em questão e das circunstâncias ambientais as quais os indivíduos estão submetidos (FALCONER, 1987).

A significância dos efeitos genotípicos é aspecto básico para programas de melhoramento, pois, segundo Kageyama (1980), a seleção fundamenta-se na existência de variabilidade genética. Dentro desta variabilidade, se aplicada uma determinada intensidade de seleção, é possível obter ganhos nas próximas gerações, com base nas características analisadas.

No entanto, os coeficientes de determinação dos efeitos de parcela ( $c_2$ parc) também foram de média magnitude para todas as características (Tabela 5), revelando que o delineamento experimental empregado não foi tão eficiente, uma vez que os valores encontrados são um indicio de heterogeneidade ambiental dentro de blocos. Isto ocorre pois é difícil encontrar, em condições de campo, áreas homogêneas. Além disso, a área necessária para cada bloco é relativamente grande, devido à grande quantidade de indivíduos dentro de cada bloco (696 covas), perfazendo 3.480 m<sup>2</sup>. Pela variação que ocorre dentro dos blocos, é reduzida a magnitude da herdabilidade, uma vez que esta é inversamente proporcional à variação ambiental.

Uma das grandes dificuldades em montar experimentos da área florestal é conciliar o grande número de tratamentos a serem analisados, no caso os materiais genéticos de candeia, com as áreas disponíveis para tais experimentos

(XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). Acrescentado a isso, têm-se os espaçamentos demandados pelas espécies florestais.

Muitas vezes, os pesquisadores são levados a reduzir o número de tratamentos, ou mesmo considerar homogênea uma área que não deveria ser considerada como tal, para facilitar na montagem dos testes. No entanto, o maior sucesso na seleção de indivíduos superiores deverá ser alcançado, quanto maior for o número de indivíduos a serem testados (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009) e ou o número de progênies (FALCONER, 1987).

Os resultados referentes aos valores de  $c_2$ parc são esperados, pois em campo foram observados alguns aspectos que denotavam diferenças ambientais dentro do mesmo bloco durante a condução do teste, tais como: pontos de erosão causados pela enxurrada

Conforme já foi elucidado (Tabela 4), para nenhuma das características analisadas houve diferenças significativas entre as procedências. Desta forma, se fosse realizada a coleta de sementes em apenas uma das populações estudadas com o intuito de produção de mudas para serem plantadas na região de Baependi, poderia utilizar-se da coleta de sementes em matrizes da própria região (população D), facilitando o processo produtivo.

Segundo Burley (1969 citado por ODA et al., 2007), o grande objetivo dos testes de procedência é encontrar, de modo mais eficiente, as procedências que permitam formar plantios mais produtivos. Portanto, de acordo com os resultados alcançados com as procedências estudadas, seria mais econômica a coleta de sementes na própria região de plantio, pois as mesmas não apresentaram diferenças quanto às características silviculturais de crescimento.

No entanto, se fossem coletadas sementes em todas as 24 matrizes localizadas em Itabirito, a média das características de crescimento apresentariam um pequeno acréscimo de 6,7; 2,3 e; 2,1%, respectivamente para as características volume de madeira, DAP e altura (Tabelas 6, 7 e 8).

**Tabela 6** Ranqueamento e componentes de média (BLUP Individual) das procedências de candeia avaliadas de acordo com o volume de madeira (m<sup>3</sup>), aos cinco anos e meio de idade, em Baependi, MG

Ordem	Procedência	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	Itabirito	0,0001	0,0032	0,0001	0,0032
2	Morro do Pilar	0,0000	0,0031	0,0001	0,0031
3	Delfim Moreira	0,0000	0,0031	0,0001	0,0031
4	Carrancas	-0,0001	0,0029	0,0000	0,0031
5	Baependi	-0,0002	0,0029	0,0000	0,0030

g: efeito de procedências; u + g: valores genotípicos preditos (média + efeito de procedência).

**Tabela 7** Ranqueamento e componentes de média (BLUP Individual) das procedências de candeia avaliadas de acordo com o DAP (cm), aos cinco anos e meio de idade, em Baependi, MG

Ordem	Procedência	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	Itabirito	0,0792	3,4745	0,0792	3,4745
2	Delfim Moreira	0,0510	3,4463	0,0651	3,4604
3	Morro do Pilar	-0,0024	3,3928	0,0426	3,4379
4	Carrancas	-0,0432	3,3521	0,0212	3,4164
5	Baependi	-0,0847	3,3106	0,0000	3,3953

**Tabela 8** Ranqueamento e componentes de média (BLUP Individual) das procedências de candeia avaliadas de acordo com a altura (m), aos cinco anos e meio de idade, em Baependi, MG

Ordem	Procedência	g	u + g	Ganho	Nova Média
1	Itabirito	0,0784	3,8099	0,0784	3,8099
2	Delfim Moreira	0,0182	3,7497	0,0483	3,7798
3	Morro do Pilar	0,0043	3,7358	0,0337	3,7651
4	Carrancas	-0,0083	3,7231	0,0232	3,7546
5	Baependi	-0,0927	3,6387	0,0000	3,7314

Pela observação das Tabelas 6, 7 e 8, verifica-se que para todas as características avaliadas, a procedência de Baependi (procedência local) ficou sempre na 5<sup>a</sup> posição, evidenciando que as outras procedências apresentaram uma tendência, mesmo que não significativa, de serem superiores.

Contudo, como forma de aumentar a produtividade dos futuros povoamentos, uma seleção em nível de progênies deveria ser realizada, visto que as progênies apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 4). Segundo Kageyama

(1980), os testes de procedências/progênes possibilitam conhecer os parâmetros genéticos que fornecerão os valores de variação entre e dentro de procedências.

De acordo com a seleção de 25% das melhores progênes para estas serem fornecedoras de sementes, para futuros plantios, espera-se um acréscimo de produtividade em volume da ordem de 26,7%, passando da média atual de 0,0030 m<sup>3</sup> por árvore, para 0,0038 m<sup>3</sup>, como pode ser observado pela Tabela 9.

**Tabela 9** Componentes de média (BLUP Individual) das 29 melhores progênes (25% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica de crescimento volume (m<sup>3</sup>)

Ordem	Progênie	Procedência	a	Ganho	Nova Média
1	110	Itabirito	0,0017	0,0017	0,0047
2	101	Itabirito	0,0013	0,0015	0,0045
3	31	Delfim Moreira	0,0013	0,0015	0,0045
4	6	Morro do Pilar	0,0012	0,0014	0,0044
5	13	Morro do Pilar	0,0011	0,0013	0,0044
6	3	Morro do Pilar	0,0011	0,0013	0,0043
7	93	Itabirito	0,0011	0,0013	0,0043
8	21	Delfim Moreira	0,0010	0,0012	0,0043
9	10	Morro do Pilar	0,0010	0,0012	0,0042
10	115	Itabirito	0,0010	0,0012	0,0042
11	107	Itabirito	0,0010	0,0012	0,0042
12	49	Baependi	0,0007	0,0011	0,0042
13	32	Delfim Moreira	0,0007	0,0011	0,0041
14	84	Carrancas	0,0007	0,0011	0,0041
15	22	Delfim Moreira	0,0007	0,0011	0,0041
16	92	Carrancas	0,0007	0,0010	0,0040
17	8	Morro do Pilar	0,0006	0,0010	0,0040
18	111	Itabirito	0,0006	0,0010	0,0040
19	90	Carrancas	0,0006	0,0010	0,0040
20	85	Carrancas	0,0005	0,0009	0,0040
21	78	Carrancas	0,0005	0,0009	0,0039
22	7	Morro do Pilar	0,0005	0,0009	0,0039
23	99	Itabirito	0,0005	0,0009	0,0039
24	4	Morro do Pilar	0,0004	0,0009	0,0039
25	53	Baependi	0,0004	0,0008	0,0039
26	24	Delfim Moreira	0,0004	0,0008	0,0038
27	106	Itabirito	0,0004	0,0008	0,0038
28	116	Itabirito	0,0003	0,0008	0,0038
29	102	Itabirito	0,0003	0,0008	0,0038
<b>Média atual</b>					0,0030

a – efeitos aditivos.

A seleção das melhores progênies dentro de cada procedência incrementou o ganho com a seleção, passando de 6,7% com a seleção de todas as progênies (24) da procedência B (Itabirito), para 26,7% com a seleção das 29 melhores progênies, independente da procedência, ou um ganho de 30%, considerando o mesmo número de progênies da procedência B. Isso pode ser notado, visto que dentro de cada procedência existem progênies pouco produtivas e progênies bastante produtivas.

Com relação à intensidade de seleção, este é um assunto bastante complexo e de difícil decisão, variando muitas vezes com os objetivos a serem alcançados, o tipo de propagação a ser utilizada, os recursos disponíveis, dentre outros aspectos. De maneira geral, uma seleção menos intensiva deve ser realizada quando o intuito é o melhoramento mais lento, garantindo ampla base genética para continuidade de ganhos genéticos futuros, conforme relatado por Cotterill et al. (1989) e Oda, Menck e Vencovsky (1989). Por outro lado, uma seleção mais intensiva pode ser realizada quando o programa de melhoramento trabalha com a propagação vegetativa (COTTERILL et al., 1989; FERREIRA, 1996). Estes autores salientam que a filosofia operacional da silvicultura clonal é trabalhar com o menor número possível de materiais genéticos e que eles não tenham interação significativa com o ambiente.

Porém, mesmo dentro de um programa de melhoramento visando à seleção de materiais genéticos para serem propagados vegetativamente, a continuidade dos progressos depende da condução de programas de melhoramento sexuado, com sua ampliação, a fim de obter mais ganhos pela geração de indivíduos geneticamente superiores (GONÇALVES et al., 2001). Oda et al. (2007) enfatizam a importância de se manter uma base genética mais ampla, mesmo que o objetivo da seleção seja pela utilização de clones, pelo fato de o programa de melhoramento genético sexuado ser a base para fornecer materiais genéticos melhorados para o processo de silvicultura clonal.

Se um ganho de 15%, por exemplo, em relação à característica volume de madeira fosse o objetivo da seleção, seriam selecionadas 59 progênies para comporem as árvores matrizes fornecedoras de sementes para os próximos plantios de candeia. No entanto, se o objetivo fosse selecionar progênies que possibilitassem o dobro deste ganho, somente 21 progênies seriam selecionadas (Tabela 9).

Voltando ao exposto da seleção de 25% das progênies, seriam selecionadas dez progênies de Itabirito (procedência com o maior número de progênies selecionadas) e duas progênies de Baependi (procedência local e com o menor número de progênies selecionadas), evidenciando que dentro de cada procedência existem progênies superiores e progênies inferiores.

Quando a seleção das progênies é realizada para as outras duas características de crescimento (DAP e altura), verifica-se uma diferenciação do ordenamento quando comparado ao ordenamento obtido com a característica volume de madeira (Tabela 10).

No entanto, verifica-se que, dentre as 29 melhores famílias selecionadas a partir da característica volume de madeira, 22 (76%) também seriam selecionadas se a característica utilizada para a seleção fosse a altura. Por outro lado, se a característica utilizada para a seleção fosse o DAP, 27 famílias coincidiriam na seleção realizada com o volume, perfazendo 93% das 29 famílias. Isso significa que, em nível de seleção de famílias, poderia utilizar-se da característica diâmetro à altura do peito para proceder à seleção, uma vez que medir apenas o diâmetro é mais fácil e mais confiável do que utilizar a altura das árvores, além da característica altura ser necessária para estimar o volume, de acordo com a equação utilizada. Massaro et al. (2010) recomendaram que a seleção em clones de eucalipto fosse feita com base na característica DAP em razão da maior facilidade de avaliação, redução de tempo e gastos com as



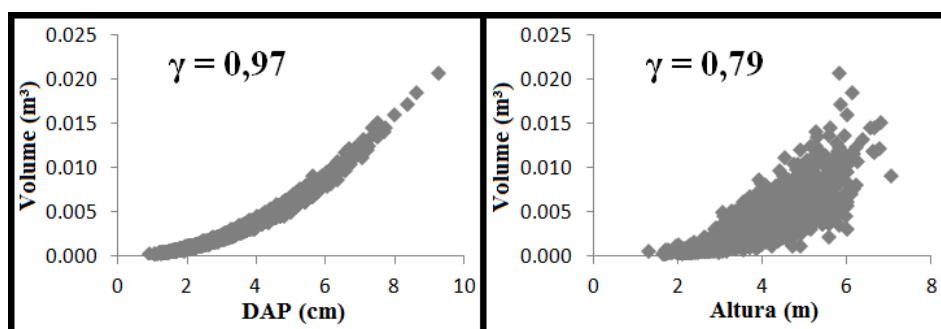
medições, uma vez que o ganho na característica volume por meio dos dados de DAP foi semelhante ao ganho obtido pela seleção direta no caráter volume.

**Tabela 10** Ordenamento das 29 melhores progênies (25% do total) de candeia, selecionadas de acordo com as características de crescimento volume de madeira, DAP e altura

Ordem	Famílias selecionadas		
	Volume	DAP	Altura
1	110	31*	6*
2	101	110*	115*
3	31	21*	10*
4	6	101*	107*
5	13	115*	32*
6	3	6*	3*
7	93	13*	110*
8	21	107*	4*
9	10	10*	90*
10	115	93*	78*
11	107	3*	116*
12	49	92*	15
13	32	32*	21*
14	84	8*	8*
15	22	49*	13*
16	92	22*	92*
17	8	99*	37
18	111	78*	106*
19	90	53*	31*
20	85	90*	101*
21	78	24*	111*
22	7	85*	108
23	99	63	102*
24	4	111*	22*
25	53	106*	63
26	24	84*	9
27	106	4*	7*
28	116	26	41
29	102	116*	61

\*: são as famílias selecionadas utilizando-se as características DAP e altura, que coincidem com a seleção utilizando a característica de crescimento volume de madeira, considerando 25% de progênies selecionadas.

O resultado encontrado está de acordo com a alta correlação fenotípica entre volume de madeira e DAP, verificada na análise de correlação feita entre estas duas características. A altura também apresentou correlação positiva com o volume de madeira, porém em menor proporção, fato que pode ter levado a menor coincidência de seleção das melhores famílias, quando comparada à seleção realizada com o volume (Figura 7).



**Figura 7** Correlação fenotípica ( $\gamma$ ) entre as características de crescimento (DAP e altura) com o volume de madeira no teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*, aos cinco anos e meio de idade, em Baependi, MG.

O ganho obtido em volume de madeira, utilizando o DAP como característica a ser considerada para a seleção das 29 melhores progênes seria o mesmo (0,0008 m<sup>3</sup> por árvore) que o ganho obtido com a seleção realizada por meio do volume (Tabela 11).

Além das correlações fenotípicas serem positivas e altas, verificaram-se também correlações genotípicas entre os caracteres DAP, altura e volume. Mais uma vez, foi maior a correlação genotípica entre DAP e volume (0,97), porém todas apresentaram valores positivos (0,53 para DAP e altura e 0,52 para altura e volume). O fato de não haver correlações negativas entre os caracteres avaliados facilita o processo seletivo e possibilita que a resposta correlacionada à seleção praticada sobre um determinado caráter ocorra no sentido desejado do caráter sob seleção indireta (MASSARO et al., 2010).

**Tabela 11** Componentes de média (BLUP Individual) para a característica volume de madeira (m<sup>3</sup>), das 29 melhores progênies (25% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica de crescimento DAP (cm)

<b>Progênies</b>	<b>Procedências</b>	<b>a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>
31	Delfim Moreira	0,0013	0,0013	0,0043
110	Itabirito	0,0017	0,0015	0,0045
21	Delfim Moreira	0,0010	0,0013	0,0043
101	Itabirito	0,0013	0,0013	0,0043
115	Itabirito	0,0010	0,0013	0,0043
6	Morro do Pilar	0,0012	0,0013	0,0043
13	Morro do Pilar	0,0011	0,0012	0,0042
107	Itabirito	0,0010	0,0012	0,0042
10	Morro do Pilar	0,0010	0,0012	0,0042
93	Itabirito	0,0011	0,0012	0,0042
3	Morro do Pilar	0,0011	0,0012	0,0042
92	Carrancas	0,0007	0,0011	0,0041
32	Delfim Moreira	0,0007	0,0011	0,0041
8	Morro do Pilar	0,0006	0,0011	0,0041
49	Baependi	0,0007	0,0010	0,0040
22	Delfim Moreira	0,0007	0,0010	0,0040
99	Itabirito	0,0005	0,0010	0,0040
78	Carrancas	0,0005	0,0010	0,0040
53	Baependi	0,0004	0,0009	0,0039
90	Carrancas	0,0006	0,0009	0,0039
24	Delfim Moreira	0,0004	0,0009	0,0039
85	Carrancas	0,0005	0,0009	0,0039
63	Baependi	0,0003	0,0008	0,0038
111	Itabirito	0,0006	0,0008	0,0038
106	Itabirito	0,0004	0,0008	0,0038
84	Carrancas	0,0007	0,0008	0,0038
4	Morro do Pilar	0,0004	0,0008	0,0038
26	Delfim Moreira	0,0002	0,0008	0,0038
116	Itabirito	0,0003	0,0008	0,0038

Com base nos valores genotípicos preditos das famílias, em conjunto com a estimativa “SEP”, foi possível obter os intervalos de confiança dos valores genotípicos preditos por meio da expressão  $(u + g) \pm t SEP$ , em que  $t = 1,96$  é o valor tabelado da distribuição t de *Student*. Pela verificação da sobreposição dos intervalos de confiança (APÊNDICE A), é possível inferir sobre comparações múltiplas entre os genótipos estudados.

Verifica-se (APÊNDICE A) que existem diferenças entre os genótipos, por exemplo, a progênie 17 (posição 116 no ordenamento) difere das 14 primeiras progênies, visto que o LSIC da progênie 17 (3,2791) é inferior aos LIIC das referidas progênies.

Com respeito às comparações entre materiais genéticos, Resende (2007) relata que os testes estatísticos provam apenas diferenças, ou seja, não provam igualdades. Desta forma, com base nos resultados de um teste de comparações, pode-se provar, estatisticamente, que determinados efeitos não são iguais, mas não se pode provar que são iguais. Segundo o mesmo autor, o que se deve fazer é apenas dizer que não se conseguiu provar diferenças entre eles. Assim, genótipos que possuem interseção entre seus intervalos de confiança não podem ser tomados como iguais, mas apenas que suas diferenças não puderam ser provadas como estatisticamente significativas, dada a experimentação empregada.

Além da seleção realizada em nível de progênies, o software Selegen REML/BLUP permite a seleção dentro de progênies. Desta forma, o ganho obtido com a seleção de uma família ainda pode ser incrementado utilizando-se para isso a seleção dos melhores indivíduos desta família. Como a correlação foi de alta magnitude entre as características DAP e volume e o ganho com a seleção de 25% das progênies foi igual utilizando-se de ambas as características, procedeu-se ao ordenamento pela seleção individual com base nos valores

obtidos do DAP do fuste principal de cada uma das árvores presentes no teste de procedências/progênes (Tabela 12).

**Tabela 12** Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a característica DAP, com base nos efeitos aditivos, sem restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ )

Ordem	Bloco	Fam.	Árv.	f	a	Ganho (cm)	Média Melhorada	$N_e$	d	g
1	1	110	4	9,23	1,20	1,20	4,60	1	0,50	1,70
2	6	6	3	7,10	1,04	1,12	4,52	2	0,48	1,52
3	1	101	3	8,34	1,02	1,09	4,48	3	0,44	1,46
4	5	32	6	6,14	0,98	1,06	4,46	4	0,35	1,33
5	4	110	6	6,24	0,96	1,04	4,44	4,49	0,34	1,29
6	4	6	5	6,81	0,94	1,02	4,42	5,08	0,42	1,36
7	4	32	5	5,92	0,92	1,01	4,40	5,72	0,31	1,23
8	2	38	1	7,48	0,89	0,99	4,39	6,68	0,52	1,41
9	4	101	1	6,65	0,88	0,98	4,38	7,33	0,34	1,23
10	7	23	4	5,89	0,87	0,97	4,37	8,29	0,44	1,31
11	2	84	3	8,59	0,87	0,96	4,36	9,26	0,51	1,37
12	7	101	3	6,18	0,86	0,95	4,35	9,51	0,33	1,20
13	7	32	1	5,73	0,86	0,95	4,34	9,82	0,27	1,13
14	6	32	6	5,98	0,82	0,94	4,33	9,88	0,25	1,07
15	5	116	6	6,72	0,77	0,93	4,32	10,81	0,42	1,18
16	1	13	2	6,62	0,74	0,91	4,31	11,74	0,29	1,03
17	1	22	2	6,65	0,74	0,90	4,30	12,69	0,25	0,99
18	2	33	1	6,21	0,74	0,89	4,29	13,63	0,33	1,07
19	6	3	5	5,6	0,73	0,89	4,28	14,59	0,34	1,07
20	6	10	4	6,56	0,73	0,88	4,27	15,54	0,30	1,02
21	2	65	1	7,03	0,72	0,87	4,27	16,50	0,45	1,18
22	4	6	2	5,86	0,72	0,86	4,26	16,83	0,27	0,99
23	2	84	2	7,96	0,72	0,86	4,25	17,49	0,41	1,13
24	1	99	6	7,19	0,72	0,85	4,25	18,44	0,33	1,05
25	3	23	5	5,73	0,71	0,85	4,24	19,09	0,33	1,05
26	1	110	1	7,10	0,71	0,84	4,24	19,44	0,17	0,88

...continuação da Tabela 12

Ordem	Bloco	Fam.	Árv.	f	a	Ganho	Média Melhorada	Ne	d	g
27	7	25	5	5,92	0,71	0,84	4,23	20,39	0,36	1,07
28	1	101	6	6,97	0,71	0,83	4,23	20,46	0,23	0,94
29	3	13	1	6,08	0,71	0,83	4,22	21,13	0,27	0,98
30	6	22	4	5,70	0,71	0,82	4,22	21,79	0,23	0,93
31	5	115	2	5,41	0,70	0,82	4,21	22,72	0,22	0,92
32	1	23	2	6,08	0,70	0,82	4,21	23,11	0,32	1,02
33	3	7	1	6,37	0,70	0,81	4,21	24,04	0,40	1,10
34	2	32	5	5,47	0,69	0,81	4,20	23,89	0,16	0,84
35	2	32	4	5,47	0,69	0,80	4,20	23,56	0,16	0,84
36	3	115	3	5,12	0,68	0,80	4,20	24,24	0,21	0,89
37	3	93	1	4,97	0,68	0,80	4,19	25,14	0,28	0,95
38	6	22	2	5,57	0,68	0,79	4,19	25,57	0,21	0,88
39	5	25	2	5,41	0,67	0,79	4,19	26,24	0,33	1,01
40	2	6	4	5,92	0,67	0,79	4,18	26,45	0,24	0,91

f: valor fenotípico individual ou medição de campo; a: efeito genético aditivo predito; Ne: tamanho efetivo populacional; d: efeito genético de dominância predito (supondo determinado grau médio de dominância no caso de progênies de meios-irmãos); g = a + d: efeito genotípico predito.

Verifica-se, pelo ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia no teste de procedências/progênies, que a nova média do DAP seria 4,18 cm, o que representa um aumento de 23,3% dos atuais 3,39 cm. Se esta seleção fosse realizada utilizando-se a característica volume de madeira, supondo a mesma quantidade de indivíduos selecionados, o ganho para esta característica seria de 56,7% (2,4 vezes maior do que o ganho em DAP). Porém, selecionando-se por meio da característica DAP, obtêm-se um ganho indireto no volume de madeira, pois 75% dos 40 indivíduos selecionados pelo DAP seriam os mesmos selecionados pelo volume. Alves et al. (2011), ao realizarem a seleção em pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), verificaram que era mais vantajoso

selecionar os melhores indivíduos que selecionar as melhores famílias, alcançando ganhos superiores na seleção individual.

A seleção de 40 indivíduos realizada com base na característica DAP, mesmo que diretamente aumente não mais do que 23,3% nesta característica, causa um aumento de 53,3% na característica volume de madeira, valor próximo aos 56,7% encontrados anteriormente, mostrando mais uma vez que a seleção indireta pode ser realizada.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sturion et al. (1994). Esses autores, ao realizarem avaliações genéticas em progênies de meios-irmãos de bracinga (*Mimosa scabrella*), verificaram que a seleção de 11% dos melhores indivíduos do teste, por meio do DAP, propiciou estimativas de progresso genético superiores a 52% para o volume cilíndrico das árvores. Além disso, se o interesse fosse pela seleção de materiais genéticos mais propícios à produção de mourões, a seleção deveria ser feita utilizando-se o DAP. Portanto, a seleção por DAP tanto é eficiente na seleção para a produção de mais madeira (maior volume), quanto para a produção de mourões (maior DAP).

Com base na seleção realizada utilizando-se do DAP, o melhor indivíduo, dentre todas as árvores avaliadas, pertence à família 110 (procedência Itabirito) e encontra-se no bloco 1, sendo a árvore quatro dentre as seis da família neste bloco. Mesmo que a seleção dos indivíduos dentro das progênies tenha sido realizada por meio da utilização do DAP, o indivíduo selecionado pertence à família ordenada em primeiro lugar quando foi realizada a seleção das melhores progênies utilizando o caráter volume e é também o indivíduo com maior volume de madeira (0,0260 m<sup>3</sup>).

O valor fenotípico (f) observado para o melhor indivíduo foi de 9,23 cm de DAP e seu valor genético aditivo é de 4,60. Desta forma, em uma reprodução via sementes desse indivíduo, metade deste valor seria transmitida para a sua descendência. O efeito genotípico ( $g = 1,70$ ) desse indivíduo somado à média

geral (3,39, conforme Tabela 12) fornece o valor genotípico ou valor clonal do mesmo, que no caso é de 5,09 cm.

Pela tabela 12, pode-se observar ainda que o  $N_e$  correspondente aos 40 primeiros indivíduos selecionados é igual a 26,45. Estudos têm sugerido que um  $N_e$  razoável, para que se tenha uma conservação genética de curto prazo, minimizando os danos por depressão endogâmica, deve ser de 50 (NUNNEY; CAMPBELL, 1993; RITLAND, 1989; VENCOSKY, 1987).

Barreira et al. (2006) concluíram que, para a conservação *ex situ* da espécie *E. erythropappus*, início de um programa de melhoramento florestal e ou coleta de sementes para recuperação ambiental, a amostragem de sementes em aproximadamente 50 indivíduos seria suficiente para reter o tamanho efetivo de 100 na próxima geração. Já Moura (2005), ao estudar cinco populações naturais de *E. erythropappus*, concluiu que a coleta de sementes para a conservação *ex situ*, deveria contemplar pelo menos 60 árvores matrizes, garantindo, assim, a manutenção da variabilidade genética.

Com relação a esses valores de referência, o teste foi montado com grande êxito, uma vez que para isso, foram coletadas sementes de 116 árvores em cinco diferentes regiões de Minas Gerais. Ao final de cinco anos, considerando o parentesco de árvores dentro das progênies e as perdas ocasionadas por morte de mudas (21%), o teste de procedências/progênies apresentava um  $N_e$  referente a 417 indivíduos.

Com a seleção de indivíduos dentro do teste, ocorrerá a redução do  $N_e$  presente. Conforme relatado anteriormente, se ocorresse a seleção dos 40 melhores indivíduos com base na característica DAP, o  $N_e$  destes indivíduos seria proporcional a aproximadamente 26. Isso significa que este valor corresponde ao número de indivíduos que efetivamente participariam na reprodução e que contribuiriam para a geração seguinte (MOURA, 2005).



Uma forma de aumentar o  $N_e$  sem aumentar o número de indivíduos a serem selecionados é por meio de uma restrição ao número de indivíduos selecionados pertencentes à mesma progênie, conforme salientado por Alves et al. (2011). Desta forma, realizando novamente a seleção com os dados de DAP, mas restringindo o número de indivíduos selecionados da mesma progênie a dois (Tabela 13), encontra-se um  $N_e$  correspondente aos 40 primeiros indivíduos selecionados, igual a 33. Este valor é 28% superior ao  $N_e$  encontrado na seleção sem restrição de número de árvores por progênie.

**Tabela 13** Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a característica DAP, com restrição ao tamanho efetivo populacional ( $N_e$ )

Ordem	Bloco	Fam.	Árv.	f	a	u+a	Ganho	Média Melhorada
1	1	110	4	9,23	1,20	4,60	1,20	4,60
2	6	6	3	7,1	1,04	4,44	1,12	4,52
3	1	101	3	8,34	1,02	4,42	1,09	4,48
4	5	32	6	6,14	0,98	4,37	1,06	4,46
5	4	110	6	6,24	0,96	4,35	1,04	4,44
6	4	6	5	6,81	0,94	4,34	1,02	4,42
7	4	32	5	5,92	0,92	4,32	1,01	4,40
8	2	38	1	7,48	0,89	4,29	0,99	4,39
9	4	101	1	6,65	0,88	4,28	0,98	4,38
10	7	23	4	5,89	0,87	4,27	0,97	4,37
11	2	84	3	8,59	0,87	4,26	0,96	4,36
12	5	116	6	6,72	0,77	4,16	0,94	4,34
13	1	13	2	6,62	0,74	4,13	0,93	4,32
14	1	22	2	6,65	0,74	4,13	0,92	4,31
15	2	33	1	6,21	0,74	4,13	0,90	4,30
16	6	3	5	5,6	0,73	4,13	0,89	4,29
17	6	10	4	6,56	0,73	4,12	0,88	4,28
18	2	65	1	7,03	0,72	4,12	0,87	4,27
19	2	84	2	7,96	0,72	4,12	0,87	4,26
20	1	99	6	7,19	0,72	4,11	0,86	4,25

...continuação da Tabela 13

<b>Ordem</b>	<b>Bloco</b>	<b>Fam.</b>	<b>Árv.</b>	<b>f</b>	<b>a</b>	<b>u+a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Média Melhorada</b>
21	3	23	5	5,73	0,71	4,11	0,85	4,25
22	7	25	5	5,92	0,71	4,10	0,85	4,24
23	3	13	1	6,08	0,71	4,10	0,84	4,23
24	6	22	4	5,7	0,71	4,10	0,83	4,23
25	5	115	2	5,41	0,70	4,09	0,83	4,22
26	3	7	1	6,37	0,70	4,09	0,82	4,22
27	3	115	3	5,12	0,68	4,07	0,82	4,21
28	3	93	1	4,97	0,68	4,07	0,81	4,21
29	5	25	2	5,41	0,67	4,07	0,81	4,20
30	4	107	2	4,93	0,66	4,06	0,80	4,20
31	2	10	1	5,76	0,66	4,06	0,80	4,19
32	7	107	1	5,63	0,66	4,05	0,79	4,19
33	1	93	1	7,48	0,65	4,05	0,79	4,18
34	4	33	5	5,60	0,64	4,03	0,79	4,18
35	5	49	1	6,02	0,64	4,03	0,78	4,18
36	1	49	1	7,45	0,63	4,03	0,78	4,17
37	5	42	6	5,6	0,63	4,02	0,77	4,17
38	4	111	4	5,47	0,61	4,00	0,77	4,16
39	6	14	2	6,05	0,60	4,00	0,76	4,16
40	2	92	4	6,02	0,59	3,99	0,76	4,16

Utilizando o DAP como característica a ser analisada, seriam necessários 113 e 381 indivíduos a serem selecionados, para que fosse possível obter um  $N_e$  igual a 50 e 100, respectivamente, neste caso, sem restrição ao número de indivíduos a serem selecionados por progênie. Para o caso da restrição imposta (dois indivíduos por família), seriam necessários 59 e 122 indivíduos para os mesmos valores de  $N_e$  acima mencionados.

Como pode ser verificado, ao restringir o número de indivíduos por progênie a dois, ocorre um aumento no  $N_e$  para o caso da seleção de 40 indivíduos superiores. No entanto, o ganho esperado com a seleção é reduzido,

uma vez que árvores com menores valores de “a” entram na nova seleção. Ao selecionar 40 indivíduos por meio do DAP, o ganho esperado nesta característica será de 0,76 cm, valor um pouco inferior ao ganho esperado sem a restrição (0,79 cm), porém ainda ocasiona um aumento na média atual em 22,4%, praticamente o mesmo valor encontrado para a seleção sem a restrição (23,3%).

Pensando em reprodução por meio de propagação sexuada dos indivíduos selecionados, a seleção deve ser feita com base nos valores genéticos aditivos (a). No entanto, quando o objetivo da seleção for a clonagem, a seleção deve ser realizada a partir dos valores genotípicos totais (RESENDE, 2007), pois tanto os efeitos aditivos (a), quanto os de dominância (d) passam para os propágulos por meio da clonagem. Portanto, basta para isso rearranjar a seleção antes feita, realizando o ordenamento em ordem decrescente de efeitos genotípicos totais (Tabela 14).

**Tabela 14** Ordenamento dos 40 melhores indivíduos de candeia, utilizando a característica DAP, com base nos efeitos genotípicos totais (g).

Ordem *	Ordem **	Bloco	Fam.	Árv.	f	a	Ganho	Nova Média	d	g
1	1	1	110	4	9,23	1,20	1,20	4,60	0,50	1,70
2	2	6	6	3	7,10	1,04	1,12	4,52	0,48	1,52
3	3	1	101	3	8,34	1,02	1,09	4,48	0,44	1,46
4	8	2	38	1	7,48	0,89	0,99	4,39	0,52	1,41
5	11	2	84	3	8,59	0,87	0,96	4,36	0,51	1,37
6	6	4	6	5	6,81	0,94	1,02	4,42	0,42	1,36
7	4	5	32	6	6,14	0,98	1,06	4,46	0,35	1,33
8	10	7	23	4	5,89	0,87	0,97	4,37	0,44	1,31
9	5	4	110	6	6,24	0,96	1,04	4,44	0,34	1,29
10	7	4	32	5	5,92	0,92	1,01	4,40	0,31	1,23
11	9	4	101	1	6,65	0,88	0,98	4,38	0,34	1,23
12	12	7	101	3	6,18	0,86	0,95	4,35	0,33	1,20
13	15	5	116	6	6,72	0,77	0,93	4,32	0,42	1,18
14	21	2	65	1	7,03	0,72	0,87	4,27	0,45	1,18

... continuação da Tabela 14

Ordem *	Ordem **	Bloco	Fam.	Árv.	f	a	Ganho	Nova Média	d	g
15	23	2	84	2	7,96	0,72	0,86	4,25	0,41	1,13
16	13	7	32	1	5,73	0,86	0,95	4,34	0,27	1,13
17	33	3	7	1	6,37	0,70	0,81	4,21	0,40	1,10
18	19	6	3	5	5,60	0,73	0,89	4,28	0,34	1,07
19	14	6	32	6	5,98	0,82	0,94	4,33	0,25	1,07
20	18	2	33	1	6,21	0,74	0,89	4,29	0,33	1,07
21	27	7	25	5	5,92	0,71	0,84	4,23	0,36	1,07
22	25	3	23	5	5,73	0,71	0,85	4,24	0,33	1,05
23	24	1	99	6	7,19	0,72	0,85	4,25	0,33	1,05
24	16	1	13	2	6,62	0,74	0,91	4,31	0,29	1,03
25	20	6	10	4	6,56	0,73	0,88	4,27	0,30	1,02
26	32	1	23	2	6,08	0,70	0,82	4,21	0,32	1,02
27	39	5	25	2	5,41	0,67	0,79	4,19	0,33	1,01
28	73	6	14	2	6,05	0,60	0,72	4,12	0,40	1,00
29	22	4	6	2	5,86	0,72	0,86	4,26	0,27	0,99
30	17	1	22	2	6,65	0,74	0,90	4,30	0,25	0,99
31	121	5	51	1	6,46	0,53	0,66	4,05	0,46	0,99
32	64	5	42	6	5,60	0,63	0,74	4,13	0,36	0,99
33	29	3	13	1	6,08	0,71	0,83	4,22	0,27	0,98
34	53	1	25	4	6,68	0,65	0,76	4,15	0,32	0,97
35	58	5	49	1	6,02	0,64	0,75	4,14	0,32	0,96
36	60	1	49	1	7,45	0,63	0,74	4,14	0,32	0,96
37	37	3	93	1	4,97	0,68	0,80	4,19	0,28	0,95
38	50	6	23	5	5,09	0,65	0,76	4,16	0,29	0,94
39	28	1	101	6	6,97	0,71	0,83	4,23	0,23	0,94
40	30	6	22	4	5,70	0,71	0,82	4,22	0,23	0,93

\*ordenamento com base nos efeitos genotípicos totais “g” ( $g = a + d$ ); \*\*ordenamento com base nos valores de “a” (efeitos aditivos); Fam.: Família; Árv.: Árvore.

Como pode ser observado, verifica-se que o ordenamento dos indivíduos selecionados sofre modificações devido a alguns genótipos apresentarem maiores valores de “d”. Isso mostra, por exemplo, o porquê de o indivíduo 1,

pertencente à família 51 encontrado no bloco 5 passou da posição 121º, enquanto a seleção era feita com base nos efeitos genéticos aditivos, para a posição 31º. O valor dos efeitos genéticos aditivos deste indivíduo foi estimado em 0,53, valor este que ocasionou seu posicionamento abaixo dos 100 melhores indivíduos. No entanto, com base na estimação dos efeitos genotípicos totais, este indivíduo foi reclassificado, devido ao alto valor dos efeitos de dominância (0,46), sendo o quinto maior valor entre todos os indivíduos analisados.

Os resultados inerentes à seleção para fins de propagação vegetativa são muito importantes, uma vez que possibilita que os indivíduos pertencentes a famílias de baixa média, não selecionados anteriormente com base nos efeitos genéticos aditivos, possam ser selecionados por apresentarem valores fenotípicos superiores à média de suas famílias. O indivíduo citado anteriormente apresentou DAP igual a 6,46 cm, enquanto sua família apresentou uma média para esta característica de 3,08 cm, sendo considerada a 66º família dentre as 116 estudadas (APÊNDICE A), de acordo com o ordenamento realizado para esta característica, com base nos efeitos genéticos aditivos.

Em contrapartida, o indivíduo 1 pertencente à família identificada como de número 110 (uma das famílias de maior média) encontrado no bloco 1, passou da posição 26º para a posição 60º devido justamente a apresentar um valor fenotípico inferior aos melhores indivíduos de sua família, acarretando na redução do valor de “d”.

As árvores que apresentam altos valores de “d” em relação aos valores de “a” podem ter apresentado algum nível de combinação híbrida favorável mas, se propagadas por sementes, haveria segregação de características na descendência, levando a uma progênie desuniforme (ODA; MENCK; VENCOVSKY, 1989).

Portanto, é de suma importância conhecer os parâmetros genéticos, assim como a origem e a magnitude dos efeitos genéticos para traçar as

melhores alternativas de melhoramento. De outro modo, é importante obter tais estimativas pois, de acordo com o tipo de propagação que se quer trabalhar, alguns indivíduos podem ser selecionados em detrimento de outros.

De acordo com Kageyama et al. (1979), a estratégia de melhoramento que engloba a intercalação de vias sexuadas e assexuadas, além de possibilitar ganhos substanciais e contínuos, mantém a variabilidade da população.

#### 4 CONCLUSÕES

Pela análise dos dados das características de crescimento, conclui-se que existe variabilidade genética entre os diferentes materiais genéticos de *Eremanthus erythropappus* presentes no teste de procedências/progênes.

Encontrou-se diferenças entre as 116 progênes avaliadas, o que permitiu a seleção das melhores famílias e dentro das famílias. Desta forma, é possível selecionar os melhores indivíduos de cada progênie, aumentando ainda mais os ganhos com a seleção.

Ganhos indiretos na característica volume de madeira são alcançados pela seleção com base no DAP do fuste principal, evidenciando a alta correlação fenotípica e genotípica entre estas duas características.

De acordo com a forma de propagação a ser conduzida, indivíduos diferentes poderão ser selecionados, uma vez que para a seleção são utilizados valores de efeitos genéticos distintos para a eleição dos materiais genéticos superiores.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, G. A. **Influência do esterco bovino na produção de mudas de *Eremanthus erythropappus* (candeia)**. 2007. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish) na produção e qualidade de óleo essencial**. 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- 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: SBMP, 2011. 1 CD-ROM.
- BARREIRA, S. et al. Diversidade genética e sistema de reprodução em população nativa de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish sob exploração. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 71, p. 119-130, ago. 2006.
- BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeish. em tubetes**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.
- BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.
- COSTA, R. B. et al. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 381-388, fev. 2000.



COTTERILL, P. et al. Nucleus breeding: a new strategy for rapid improvement under clonal forestry. In: GIBSON, G. I.; GRIFFIN, A. R.; MATHESON, A. C. (Ed.). **Breeding tropical trees: population structure and genetic improvement strategies in clonal and seedling forestry**. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1989. p. 39-51.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 41 p.

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

DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; SILVA, E. A. A. Improvement to the physical quality and imbibition pattern in seeds of candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 321-326, jul./set. 2011.

DIAS, I. S. **Variabilidade genética de diferentes tipos de populações naturais de bracinga (*Mimosa scabrella* Bentham)**. 1988. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1988.

ESTOPA, R. A. et al Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 97-106, abr. 2006.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.

FERREIRA, M. Melhoramento e a silvicultura intensiva clonal. **IPEF**, Piracicaba, v. 45, p. 22-30, 1992.

\_\_\_\_\_. Projeto resgate, conservação e disseminação de materiais genéticos de eucaliptos no Brasil. In: REUNIÃO TÉCNICA TÓPICOS EM CONSERVAÇÃO E MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES FLORESTAIS, 19., 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 2005. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Silvicultura clonal: seleção clonal x identificação de clones. In: REUNIÃO TÉCNICA DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA, 11.; REUNIÃO TÉCNICA DE SILVICULTURA CLONAL, 1., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1996. 1 CD-ROM.

FERREIRA, M. **Terminologia de melhoramento genético florestal**. Brasília: EMBRAPA, 1980. 88 p.

FERREIRA, M.; ARAÚJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para teste de procedência**. Curitiba: EMBRAPA, 1981. 28 p. (Documentos URPFCS, 6).

FREITAS, V. L. O. **Variabilidade genética em *Vanillosmopsis erythropappa* Schultz Bip. (Asteraceae) em áreas de candeial e de mata**. 2001. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* ssp) e a diferença das diferentes origens comerciais de sua madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

GONÇALVES, F. M. A. et al. Progresso genético por meio da seleção de clones de eucalipto em plantios comerciais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 2985-301, jul./set. 2001.

GOOGLEMAPS. **Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2011.

GOULART, P. B. **Desenvolvimento de metodologia para enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeisch**. 2003. 32 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

HAMRICK, J. L.; GODT, M. J. W. Allozyme diversity in plant species. In: BROWN, A. H. D. et al. (Ed.). **Plant population genetics, breeding and genetic resources**. Sunderland: Sinauer Associates, 1990. p. 43-63.

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.

KAGEYAMA, P. Y. et al. **Avaliação de progênies de árvores superiores de *Eucalyptus grandis***. Piracicaba: IPEF, 1979. 9 p. (Circular Técnica, 80).

KAGEYAMA, P. Y. et al. **Teste de progênie de meios-irmãos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. de árvores superiores selecionadas em populações da Austrália.** Piracicaba: IPEF, 1980. 8 p. (Circular Técnica, 114).

LOVELESS, M. D.; HAMRICK, J. L. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, p. 65-95, Sept. 1984.

MASSARO, R. A. M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, out./dez. 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.

NUNNEY, L.; CAMPBELL, K. A. Assessing minimum viable population size: demography meets population genetics. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 8, n. 7, p. 234-239, Nov. 1993.

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

ODA, S.; MENCK, A. L. M.; VENCOVSKY, R. Problemas no melhoramento genético clássico do eucalipto em função da alta intensidade de seleção. **IPEF**, Piracicaba, v. 41/42, p. 8-17, 1989.

PAIVA, H. N.; RESENDE, M. D. V.; CORDEIRO, E. R. Índice multiefeitos e estimativas de parâmetros genéticos em aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 799-807, jun. 2002.

PEREIRA, A. A. S. **Nutrição e adubação de candeia.** 1998. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish - a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 257-273, jul./dez. 2004.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: EDUR, 2007. 188 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

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

\_\_\_\_\_. **SELEGEN-REML/BLUP sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007. 360 p.

\_\_\_\_\_. **Software Selegen REML/BLUP**. Campo Grande: EMBRAPA, 2006. 299 p.

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

REZENDE, A. A. **Enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RITLAND, K. Correlated matings in the partial selfer *Mimulus guttatus*. **Evolution**, Lancaster, v. 43, n. 4, p. 848-859, July 1989.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, nov. 2000.

SCHUMACHER, F. X.; HALL, F. S. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 47, n. 9, p. 719-734, 1933.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 87-102, 2004.

\_\_\_\_\_. **Manejo de plantações de candeia**. Lavras: UFLA, 2008a. 26 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***: relatório técnico científico. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p.

\_\_\_\_\_. Volume, peso de matéria seca e produção de óleo para candeia (*Eremanthus erythropappus*), em Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais**: equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA, 2008b. p. 171-179.

SILVA, A. C. **Variações genéticas em candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**: simbiose e desenvolvimento radicular e estabelecimento inicial em áreas degradadas. 2003. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVA, A. C. et al. Variação genética entre e dentro de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 271-277, jul./set. 2007a.

\_\_\_\_\_. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 609-617, jul./ago. 2007b.

SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SIQUEIRA, F. F. **Efeito de substratos contendo diferentes adubações na semeadura direta de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2008. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, 2008.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald, 1952. 476 p.

STURION, J. A. et al. Variação genética e seleção para características de crescimento em teste de progênies de *Mimosa scabrella* var. *aspericarpa*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 73-83, jan./dez. 1994.

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.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 114-121, jan./fev. 2006.

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasma de espécies alógamas. **IPEF**, Piracicaba, v. 35, n. 1, p. 79-84, 1987.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, maio/ago. 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 272 p.

ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Applied forest tree improvement**. New York: North Carolina State University, 1984. 505 p.

### **CAPÍTULO 3 Eficiência da seleção precoce para características de crescimento em famílias de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish**

**Resumo:** Com o objetivo de avaliar a eficiência da seleção precoce, 116 famílias de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus* foram avaliadas quanto a características de crescimento. O experimento foi instalado em janeiro de 2005 na zona rural de Baependi, no Estado de Minas Gerais, em delineamento de blocos casualizados com sete repetições e seis plantas por parcela linear. Foram realizadas medições aos 24, 48, 60 e 67 meses de idade do DAP e altura das plantas e, com base nestas características, calculado o volume de madeira. A partir dos dados de DAP, altura e volume de madeira, procedeu-se aos estudos genéticos das progênies nas diferentes idades e avaliou-se a eficiência da seleção precoce por meio de quatro metodologias: 1) ganho esperado na idade padrão, pela seleção em idades mais juvenis; 2) índice de coincidência entre as famílias selecionadas; 3) estimativa da correlação genética; 4) estimativas da interação progênies x idades. Todas as metodologias utilizadas mostraram que a seleção precoce pode ser utilizada com eficiência para a espécie *E. erythropappus*, de modo que, quanto mais precoce, maiores são os ganhos anuais, porém maior é a probabilidade de selecionar materiais genéticos que não sejam aqueles superiores na idade dita como padrão.

Palavras-chave: Candeia. Progênies. Correlação genética.

## 1 INTRODUÇÃO

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é uma espécie florestal que tem sido utilizada para extração de óleo de seu lenho, cujo principal componente é o alfabisabolol (TEIXEIRA et al., 1996), utilizado na indústria farmacêutica e de cosméticos na forma de pomadas, géis, loções cicatrizantes e hidratantes (PÉREZ, 2001). Além do óleo, essa espécie é procurada para a confecção de mourões pela alta resistência natural de sua madeira. Segundo Cândido (1991), sua madeira é cerca de cinco vezes mais durável que a madeira de eucalipto não tratada.

Com o aumento na demanda por madeira de candeia, plantios vêm sendo realizados principalmente na região sul do Estado de Minas Gerais, conforme relatado por Scolforo et al. (2008a). No entanto, até o momento, as sementes para a produção de mudas utilizadas nos plantios têm sido coletadas em árvores de populações naturais sem nenhum grau de melhoramento genético. A falta de materiais genéticos mais produtivos, aliada à carência de conhecimento na silvicultura da candeia, faz com que os plantios com esta espécie apresentem, em média, produtividades de 2 a 4 m<sup>3</sup>/ha.ano, conforme pode ser observado em trabalho de Altoé (2012) e Silva (2009), que avaliaram o crescimento e a produção da candeia em plantio sujeito a diferentes formas de manejo.

A carência de informações se justifica, em parte, pela recente preocupação com a conservação e silvicultura desta espécie, visto que os trabalhos com a candeia datam das últimas duas décadas (ABREU, 2007; ALTOÉ, 2012; BARREIRA et al., 2006; BRAGA, 2006; DAVIDE; FARIA; BOTELHO, 2011; ESTOPA et al., 2006; FREITAS, 2001; GALDINO et al., 2006; GOULART, 2003; MOURA, 2005; PEREIRA, 1998; PÉREZ et al., 2004; REZENDE, 2007; SCOLFORO et al., 2002, 2004, 2008a, 2008b; SILVA, 2003,



2009; SILVA et al., 2007a, 2007b; SIQUEIRA, 2008; TEIXEIRA et al., 1996; TONETTI; DAVIDE; SILVA, 2006; VENTURIN et al., 2005).

Como forma de melhorar a produtividade dos futuros povoamentos de candeia, é necessária a seleção de materiais genéticos mais produtivos dentre os plantios já realizados, assim como nas populações naturais de *E. erythropappus*. Entretanto, para que seja possível realizar a seleção, é essencial que haja variabilidade genética entre os materiais genéticos existentes (KAGEYAMA et al., 1980), fato já constatado para a candeia por vários pesquisadores (BARREIRA et al., 2006; FREITAS, 2001; MOURA, 2005; SILVA, 2003; SILVA et al., 2007a, 2007b).

Freitas (2001) encontrou uma diversidade de 89,9% ao estudar a variabilidade genética da espécie em seis áreas localizadas na Estação Ecológica do Tripuí e duas localizadas no Parque Estadual do Itacolomi (Minas Gerais), enquanto Barreira et al. (2006) e Moura (2005) também encontraram variabilidade ao estudar aspectos genéticos em populações naturais da espécie.

Mesmo sabendo-se da existência de variabilidade genética e do potencial da seleção, todas as sementes para produção de mudas de candeia têm sido coletadas em árvores matrizes selecionadas fenotipicamente em candeais nativos (SCOLFORO et al., 2002). Contudo, com a seleção fenotípica, corre-se o risco de selecionar indivíduos que apresentem características superiores não pelo seu genótipo, mas sim por serem árvores mais velhas, ou seja, tiveram mais tempo para crescer e dominar suas vizinhas, fato normal em povoamentos naturais de uma espécie. Outro ponto que pode inferir na seleção errônea das árvores consideradas superiores é com relação a algum fator ambiental que propicie melhores condições ao seu crescimento, em detrimento às outras árvores do povoamento.

Desta forma, as seleções com base em estudos genéticos são mais indicadas do que aquelas com base apenas no valor fenotípico das plantas

individuais (PAIVA; RESENDE; CORDEIRO, 2002). Para isso, o uso de testes de progênies na seleção de árvores superiores tem sido considerado um meio adequado para estimar os parâmetros genéticos (SHELBOURNE; COCKREN, 1969 citados por KAGEYAMA et al., 1980; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). Por meio das progênies é possível estudar os componentes de variância e estimar a herdabilidade dos caracteres desejados (COSTA et al., 2000), aumentando a eficiência dos programas de melhoramento.

No entanto, ao trabalhar com espécies arbóreas, o melhorista encontra obstáculos, principalmente devido aos espaçamentos tradicionais utilizados no cultivo das espécies florestais, em que o número de indivíduos a serem analisados tende a ser limitado, reduzindo as chances de sucesso e, por serem espécies perenes, tornando os ciclos de melhoramento mais demorados (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

De acordo com Farias Neto, Castro e Bianchetti (2003), no caso de espécies perenes, como é o caso das essências florestais, o número de anos para se completar um ciclo seletivo é o principal entrave dos programas de melhoramento utilizando a seleção recorrente.

Xavier, Wendling e Silva (2009) comentam que o maior sucesso na seleção será alcançado, quanto maior for o número de indivíduos a serem testados. Além disso, maior sucesso será obtido no programa de melhoramento, quanto maior o ganho no caráter de interesse, por unidade de tempo (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992), sendo isto possível, por meio da seleção precoce.

Segundo Gonçalves et al. (1998), a seleção precoce busca identificar características das árvores em idade juvenil que estejam relacionadas com aquelas de interesse econômico na fase de rotação, isto é, predizer, nas árvores em estágio o mais juvenil possível, o desempenho de um indivíduo adulto, diminuindo assim o tempo para se completar um ciclo de seleção.

Rezende et al. (1994) citam, como vantagens da seleção precoce, experimentos menos duradouros, maior facilidade para tomada de dados e maior flexibilidade às mudanças de objetivos dos programas de melhoramento, além de muitas vezes maximizar o ganho por unidade de tempo. Sendo assim, a prática da seleção precoce é vantajosa, pois a duração do intervalo entre as gerações de melhoramento é reduzida (BORRALHO; COTTERILL; KANOWSKI, 1992; CAVALCANTI; RESENDE, 2010; MASSARO et al., 2010; RESENDE, 1994).

Como exemplo, Pereira et al. (1997) e Pires et al. (2011) relatam o tempo mínimo normalmente despendido na condução de um programa de seleção recorrente com eucalipto no Brasil. De acordo com estes autores, a etapa de avaliação em espécies do gênero *Eucalyptus* dura cerca de sete anos, idade de abate das plantas em plantios comerciais para celulose e carvão. Na recombinação pode ser necessário, pelo menos, um período de três anos. Assim, segundo os mesmos autores, um ciclo de seleção recorrente pode durar de nove a dez anos.

Ressalta-se que o gênero *Eucalyptus* é formado por um grupo de espécies de crescimento rápido em relação a gama de outras espécies florestais cultivadas no Brasil. Já os povoamentos implantados de *Eremanthus erythropappus* ainda não foram cortados, mas estudos de Silva (2009) remetem a ciclos de 12 anos para a utilização da madeira na produção de óleo. Sem seleção precoce, materiais genéticos superiores só poderiam ser indicados após este período, pelos mesmos motivos citados anteriormente.

Como forma de avaliar a eficiência da seleção precoce, diversas metodologias podem ser utilizadas. Dentre elas, pode-se citar: a estimativa de ganhos esperados na idade padrão, pela seleção em idades juvenis (REZENDE et al., 1994); a estimativa da eficiência da seleção com base na coincidência de materiais genéticos selecionados nas diferentes idades (PEREIRA et al., 1997); a

estimativa da correlação genética em diferentes idades (KAGEYAMA, 1983); a estimativa da interação progênies x idades (PEREIRA et al., 1997; REZENDE et al., 1994).

Com relação ao ganho obtido em uma característica numa dada idade pela seleção efetuada em idade anterior, Rezende et al. (1994) concluíram em seu trabalho com eucalipto que as estimativas do ganho com a seleção precoce foram de magnitude semelhante ao ganho proporcionado pela seleção aplicada na idade padrão. Com base no ganho esperado, segundo os mesmos autores, é possível estimar o ganho alcançado por ano e, neste caso, observa-se que seu valor aumenta à medida em que se reduz a idade de seleção, em relação às idades mais avançadas. Essa diferença representa a vantagem da seleção precoce, ou seja, o quanto se adiciona ao ganho com a seleção de genótipos superiores, se a mesma for praticada em idades mais juvenis.

De maneira mais prática, para que a seleção precoce seja vantajosa, é importante que os materiais genéticos selecionados em idades mais avançadas sejam os mesmos que os selecionados em idades precoces, ou pelo menos, que haja uma coincidência aceitável entre os materiais selecionados nas diferentes idades. Pereira et al. (1997) observaram que dentre as 23 famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* que seriam superiores aos 17 meses, 14 delas também o seriam aos 80 meses, correspondendo a uma eficiência de seleção de 56%. Farias Neto, Castro e Bianchetti (2003) encontraram resultados semelhantes ao trabalharem com progênies de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel).

Outra análise com relação à eficiência da seleção precoce é por meio do estudo das correlações genéticas do caráter em questão entre as diferentes idades. De acordo com Farias Neto, Castro e Bianchetti (2003), estimativas positivas e altas das correlações genéticas sugerem forte associação entre o

desempenho da planta jovem e adulta, condição essencial para o sucesso da seleção precoce.

Segundo Marques Júnior (1995), a seleção precoce será tanto mais eficiente quanto menor for a magnitude da interação entre progênies x idades ou, ainda, quando essa interação, mesmo significativa, for condicionada, predominantemente, pela diferença de variabilidade entre os genótipos e não pela falta de correlação genética entre os genótipos e idades, ou seja, predominar a parte simples em detrimento da parte complexa da interação.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência da seleção precoce em 116 famílias de meios-irmãos de *Eremanthus erythropappus* avaliadas quanto aos caracteres de crescimento DAP, altura e volume de madeira, aos 24, 48, 60 e 67 meses após o plantio das mudas no campo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do experimento

Os estudos genéticos para a seleção de matrizes foram conduzidos a partir dos dados obtidos em um teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*. Este teste foi montado como parte integrante de um grande projeto, o Projeto Candeia, no qual pesquisadores do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras iniciaram os trabalhos com manejo e silvicultura da candeia, em parceria com o Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais e a empresa CITRÓLEO.

A instalação do teste de procedências/progênes se deu em janeiro de 2005, na zona rural do município de Baependi no sul de Minas Gerais. Segundo a classificação de Köppen, Baependi possui clima Cwb (tropical de altitude) com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A temperatura média anual varia entre 18 e 19°C e a média pluviométrica é de 1.400 mm, com chuvas mais concentradas entre dezembro e março, e os meses de junho, julho e agosto compreendendo o período seco (BRASIL, 1992).

O teste é resultante do plantio de mudas advindas de sementes de 116 progênes de candeia. As sementes foram coletadas em matrizes de candeia selecionadas fenotipicamente e localizadas em cinco regiões de ocorrência natural da espécie no Estado de Minas Gerais (Tabela 15). Cada uma dessas regiões foi considerada como sendo de uma procedência (A, B, C, D e E). Para cada procedência, foram coletadas sementes de 24 progênes de polinização aberta, exceto Morro do Pilar, que possui 20 árvores matrizes.

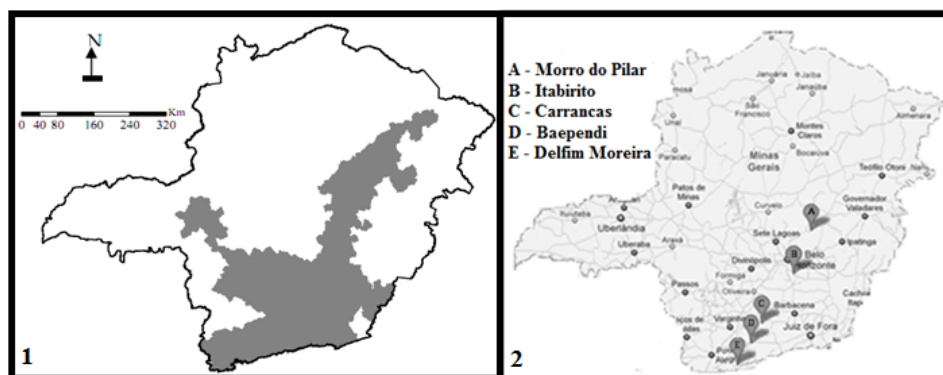
**Tabela 15** Coordenadas geográficas UTM (latitude – Lat; e longitude – Lon), temperatura média anual (T) e altitude média (Alt) dos locais onde foram coletados os materiais genéticos de *Eremanthus erythropappus*

Município	Proc.	Nº de progênies	Lat (Sul)	Lon (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 progênies</b>		116				

Proc.: Procedência.

## 2.2 Material vegetal

Foram escolhidas as cinco regiões do Estado para a coleta das sementes por estas regiões apresentarem candeais nativos e por representarem uma boa amostragem das áreas de ocorrência natural da espécie no Estado de Minas Gerais (Figura 8).



**Figura 8** Ocorrência natural da espécie *Eremanthus erythropappus* no Estado de Minas Gerais (1) e; regiões no Estado de Minas Gerais em que foram selecionadas as árvores matrizes para a coleta das sementes (2). Fontes: NEMAF (2005 citado por MOURA, 2005) e adaptado de GoogleMaps (2011).

Nessas áreas, as árvores foram selecionadas a partir das características silviculturais de interesse, como proposto por Davide, Faria e Botelho (1995)

para a seleção de árvores matrizes em espécies florestais nativas. Na seleção das árvores, tomou-se o cuidado de que estas estivessem distanciadas umas das outras, em pelo menos 100 m em distância horizontal, como forma de evitar a coleta de sementes em árvores aparentadas, como proposto por Davide e Silva (2008), Ferreira e Araújo (1981) e Piña-Rodrigues et al. (2007). Após a seleção, as árvores foram georreferenciadas, com auxílio de um GPS. Os dados contendo os pontos foram armazenados para serem acessados e utilizados na localização das árvores matrizes ao longo do processo de melhoramento da espécie.

As sementes foram coletadas no período compreendido entre setembro e outubro de 2004, mantidas separadas e identificadas. Passaram por um processo de secagem em sol para posterior beneficiamento, segundo metodologia também utilizada por Tonetti, Davide e Silva (2006).

Em seguida, as sementes de cada uma das 116 progênies foram semeadas em tubetes de polietileno com capacidade volumétrica de 110 cm<sup>3</sup>. As técnicas para a produção das mudas de candeia seguiram a mesma metodologia proposta por Scolforo et al. (2008a). Durante todo o processo de produção das mudas, as progênies foram mantidas separadas e identificadas.

Em janeiro de 2005, quando as mudas atingiram altura da parte aérea entre 20 e 30 cm e diâmetro do coleto acima de 3,0 mm, estas foram levadas para o plantio em campo.

### **2.3 Implantação do experimento**

Antes do plantio, o solo foi sulcado em nível até uma profundidade de aproximadamente 30 cm, uma vez que o terreno apresentava características de campo, com vegetação composta por gramíneas pouco agressivas (SCOLFORO et al., 2008a).



No campo, as mudas foram plantadas no delineamento em blocos casualizados, em sete repetições, com as 116 progênies e seis plantas em parcela linear. O espaçamento de plantio foi de 2,5 m entre linhas e 2,0 m entre plantas com bordadura externa única em cada bloco. Utilizou-se 150 g por cova de NPK (08:28:16) no ato do plantio.

Ao longo do período experimental, foram tomadas todas as precauções para que as plantas de candeia pudessem se desenvolver, evitando principalmente a ocorrência de incêndios e o ataque de formigas cortadeiras.

#### **2.4 Avaliações**

Durante o período experimental foram realizadas medições das características de crescimento (circunferência à altura do peito – CAP e altura das árvores) nas plantas de candeia. O CAP foi medido com auxílio de uma fita métrica e a altura foi obtida com auxílio de uma vara com oito metros de comprimento e graduada em centímetros. As medições foram realizadas quando o plantio estava com 24, 48, 60 e 67 meses de idade. Estas medições foram realizadas ao nível de plantas individuais. A partir da divisão do CAP pelo valor de  $\pi$  (3,14159...), foi obtido o DAP (diâmetro à altura do peito).

Com relação às medições das características de crescimento, para as duas primeiras medições (24 e 48 meses), os valores de CAP só foram tomados em fustes que apresentavam CAP igual ou superior a 9,0 cm (valor dado como mínimo para utilização da madeira na fábrica). Quando nenhum dos fustes de uma determinada planta apresentava a referida medida, era tomada apenas a altura do fuste principal desta planta. Desta forma, o CAP de tal planta foi dado erroneamente como nulo. Nestas mesmas medições, quando uma planta apresentava mais de um fuste com CAP acima de 9,0 cm, todas as respectivas medidas destes fustes eram mensuradas (CAP e altura).

Para as duas últimas medições (60 e 67 meses), nos casos em que a árvore possuía mais de um fuste, foram mensurados todos os CAPs e altura dos respectivos fustes, independente de sua circunferência.

No entanto, para a finalidade de seleção deste trabalho, foram utilizados os dados obtidos apenas do fuste principal de cada planta, sendo este considerado o de melhor desempenho em relação aos demais. Esta decisão foi tomada uma vez que o objetivo seria obter árvores de fuste único e com maior crescimento em diâmetro.

Os dados de DAP e altura das árvores foram utilizados para estimar o volume de madeira de cada indivíduo. Para a obtenção do volume individual, foi utilizada a mesma metodologia descrita no capítulo anterior (Capítulo 2). Vale salientar que não foi possível calcular o volume das plantas que nas duas primeiras avaliações não apresentavam valores de CAP.

## **2.5 Análise genética e seleção de progênies**

Como forma de verificar a existência de variabilidade genética entre as 116 progênies testadas e conduzir à seleção dos melhores materiais genéticos, procedeu-se a análise genética a partir dos dados de DAP, altura e volume de madeira. A partir dos valores fenotípicos obtidos para as características de crescimento, foi realizada a seleção com base nos parâmetros genéticos das melhores famílias dentro do teste de procedências/progênies para cada uma das idades avaliadas.

Para a seleção das melhores progênies foi utilizado o método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN REML/BLUP, desenvolvido por Resende, Bertolucci e Ramalho (1994), considerando as progênies 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).

Antes de proceder a seleção, foi verificada a existência de variabilidade genética para cada uma das características de crescimento e idades avaliadas, requisito básico para a realização de seleção (KAGEYAMA et al., 1980). Na análise de modelos mistos, para verificar se existem diferenças significativas na variabilidade genética entre as progênies, segundo Resende (2006), o SELEGEN utiliza o teste da razão de verossimilhança (LRT), calculando a diferença entre as “deviances” para modelos sem e com o efeito de interesse (genótipos), obtendo-se a razão de verossimilhança (LR), a qual terá sua significância testada pelo teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade.

## **2.6 Eficiência da seleção precoce**

Com o intuito de avaliar a eficiência da seleção de famílias de *Eremanthus erythropappus* em idades mais juvenis, em relação à última avaliação realizada (67 meses), foram realizadas análises de diferentes formas: 1) ganho esperado na idade padrão, pela seleção em idades mais juvenis; 2) índice de coincidência entre as famílias selecionadas; 3) estimativa da correlação genética; 4) estimativas da interação progênies x idades. Todas as análises foram feitas considerando a idade de 67 meses como idade padrão e avaliando cada uma das três características de crescimento (DAP, altura e volume de madeira).

Conforme mencionado, alguns valores de DAP e conseqüentemente de volume de madeira foram considerados nulos para as idades de 24 e 48 meses. Portanto, a eficiência da seleção precoce aos 24, 48 e 60 meses de idade só foi obtida pela seleção precoce realizada a partir da característica altura. Para as

características DAP e volume de madeira, a eficiência da seleção foi calculada apenas para seleções nestas duas características feitas aos 60 meses de idade.

### 2.6.1 Estimativa do ganho

A expectativa de ganhos na idade de 67 meses das árvores, pela seleção em idades mais juvenis, foi calculada segundo metodologia utilizada por Resende, Bertolucci e Ramalho (1994). Para isso, foi considerada uma intensidade de seleção de 25% e utilizada a seguinte expressão:

$$\text{GSE (\%)} = \frac{\text{MSpa/pb} - \text{MGpb}}{\text{MGpb}} \times 100$$

Em que:

GSE é a estimativa do ganho esperado, em termos percentuais (%);  
pb é a idade padrão e, pa é a idade em que ocorreu a seleção precoce;  
MSpa/pb é a média das progênies na idade pb, selecionadas na idade pa;  
MGpb é a média geral das famílias na idade pb.

De acordo com esta metodologia, é possível obter o “GSE” em uma característica na idade padrão (pb), pela seleção na mesma característica (seleção direta precoce) ou em outras características (seleção indireta precoce) nas idades mais juvenis (pa).

Estimou-se também o ganho por unidade de tempo, dividindo o valor de ganho encontrado pelo tempo compreendido desde o plantio até o momento da avaliação.

## 2.6.2 Eficiência de seleção precoce pela coincidência de materiais genéticos selecionados

A estimativa da eficiência de seleção com base na coincidência de materiais genéticos selecionados nas diferentes idades foi realizada segundo metodologia proposta por Hamblin e Zimmermann (1986). De acordo com essa metodologia, a coincidência corresponde à proporção de famílias selecionadas na idade precoce que são coincidentes com as famílias selecionadas no tipo tomado como padrão (seleção aos 67 meses de idade), considerando o mesmo percentual de materiais genéticos selecionados. A expressão que permite estimar essa eficiência de seleção (ES) é:

$$ES (\%) = 100 (A-C)/(B-C)$$

Em que:

ES é a eficiência de seleção, em termos percentuais (%);

A é o número de famílias selecionadas coincidentes, tanto na idade precoce, como na idade padrão;

B é o número de famílias selecionadas (considerando neste caso, uma seleção de 25% das famílias);

C é o número de famílias esperado por simples coincidência, unicamente pelo acaso, que é igual a 10% de B.

Neste caso, também é possível obter a “ES” em uma característica na idade padrão (67 meses), pela seleção da mesma característica ou de outras características em idades mais juvenis (24, 48 ou 60 meses).

De acordo com essa metodologia, quanto maior o valor de “ES”, mais eficiente a seleção precoce.

### 2.6.3 Estimativa da correlação genética

As correlações genéticas aditivas dos caracteres DAP, altura e volume de madeira avaliados nas diferentes idades, foram calculadas de acordo com a expressão:

$$\hat{\mathbf{I}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{x},\mathbf{y}) = \frac{\hat{\mathbf{\sigma}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{x},\mathbf{y})}{\sqrt{(\hat{\mathbf{\sigma}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{x}) \hat{\mathbf{\sigma}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{y}))}}$$

Em que:

$\hat{\mathbf{I}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{x},\mathbf{y})$  é a correlação genética aditiva da característica em questão ou entre as características, em duas idades distintas de avaliação;

$\hat{\mathbf{\sigma}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{x},\mathbf{y})$  é a covariância genética aditiva da característica em questão ou entre as características, em duas idades distintas;

$\hat{\mathbf{\sigma}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{x})$  é a variância genética aditiva de um caráter na idade x;

$\hat{\mathbf{\sigma}}_{\mathbf{G}}(\mathbf{y})$  é a variância genética aditiva do mesmo caráter ou de outro na idade y;

De acordo com esta metodologia, quanto maior o valor da correlação, mais eficiente a seleção precoce, desde que este valor seja positivo.

### 2.6.4 Estimativa da interação progênies x idades

Como forma de avaliar a interação progênies x idades, os dados médios em relação às características de crescimento das progênies por repetição foram calculados e procedeu-se às análises de variância, tendo como fontes de variação os sete blocos, as 116 famílias de *Eremanthus erythropappus* (genótipos) e as idades. Para cada análise de variância foram comparadas as idades duas a duas, sendo uma delas a idade padrão, conforme tabela 16.

**Tabela 16** Esquema do quadro de análise de variância para verificação da existência ou não de interação progênes x idades, analisando as idades duas a duas

<b>Fonte de Variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>Soma de quadrados (SQ)</b>	<b>Quadrado Médio (QM)</b>	<b>F</b>
<b>Blocos (B)</b>	6	SQ Blocos	SQ Blocos/6	-
<b>Progênes (P)</b>	115	SQ Progênes	SQ Progênes/115	-
<b>Erro a</b>	690	SQ Erro a	SQ Erro a/690	-
<b>Idade (I)</b>	1	SQ Idade	SQ Idade/1	-
<b>Int. P x I</b>	115	SQ Interação	SQ Interação/115	QM Int./QM Erro b
<b>Erro b</b>	696	SQ Erro b	SQ Erro b/696	-

G.L.: Graus de Liberdade; Int: Interação.

Caso a interação seja significativa a pelo menos 5% de probabilidade pelo teste F, procede-se à decomposição da interação progênes x idades, o que auxilia no entendimento da natureza da interação. A decomposição da interação foi realizada de acordo com metodologia descrita em Vencovsky e Barriga (1992), a partir da decomposição do quadrado médio da interação.

De acordo com essa metodologia, para que a seleção precoce seja eficiente espera-se que a interação progênes x idades não seja significativa, o que demonstra que os materiais genéticos não alteraram o posicionamento ao longo das idades avaliadas e que mantiveram aproximadamente as mesmas taxas de crescimento. Caso a interação seja significativa, para que a seleção precoce seja eficiente, o ideal é que com a decomposição da interação, a maior parte desta interação seja devida a parte simples, demonstrando que a interação progênes x idades é função principalmente da diferença entre os valores absolutos das variâncias genéticas observadas em cada época, e não de mudanças na classificação dos materiais genéticos ao longo do tempo, o que, de acordo com Resende, Bertolucci e Ramalho (1994), não prejudica o mérito da seleção precoce.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Variabilidade genética e seleção de progênies

Ao analisar os dados de volume de madeira, DAP e altura das árvores de candeia presentes no teste, pode-se afirmar a existência de significância dos efeitos de progênies via teste da razão de verossimilhança (LRT) e análise de “Deviance” (Tabela 17), conforme descrito por Resende (2007), para todas as idades de avaliação.

**Tabela 12** “Deviances” e significância do teste LRT aplicados aos efeitos progênie (genótipo) para os caracteres de crescimento de *Eremanthus erythropappus*, em diferentes idades, em Baependi, MG.

Idade (meses)	Volume	DAP	Altura
24 +	-5863,25 (5,88*)	-210,62 (5,60*)	-3843,01 (265,15**)
48 +	-22319,15 (56,00**)	404,21 (33,67**)	-1024,30 (430,43**)
60 +	-44645,66 (356,41**)	3520,41 (311,49**)	187,12 (495,07**)
67 +	- 44255,56 (354,14**)	3711,23 (308,43**)	555,22 (573,79**)

(\*, \*\*): significativo a 5% e 1% respectivamente.

Qui-quadrado ( $X^2$ ) tabelado: 3,84 e 6,63 para os níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente:

( ) Teste da Razão de Verossimilhança – LRT, havendo distribuição com 1 grau de liberdade para o  $X^2$

“+” Deviance do modelo ajustado sem efeito de progênies, na referida idade.

Desta forma, com a existência de variabilidade genética, é possível realizar a seleção e obter ganhos (KAGEYAMA et al., 1980). De acordo com a seleção de 25% das melhores progênies na idade padrão, espera-se um acréscimo de produtividade da ordem de 26,7% em volume de madeira (Tabela 18), 12,8% em DAP (Tabela 19) e 12,6% em altura (Tabela 20).



**Tabela 18** Componentes de média (BLUP Individual) das 29 melhores progênes (25% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica de crescimento volume de madeira (m<sup>3</sup>), aos 67 meses de idade

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>Procedência</b>	<b>a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>
1	110	Itabirito	0,0017	0,0017	0,0047
2	101	Itabirito	0,0013	0,0015	0,0045
3	31	Delfim Moreira	0,0013	0,0015	0,0045
4	6	Morro do Pilar	0,0012	0,0014	0,0044
5	13	Morro do Pilar	0,0011	0,0013	0,0044
6	3	Morro do Pilar	0,0011	0,0013	0,0043
7	93	Itabirito	0,0011	0,0013	0,0043
8	21	Delfim Moreira	0,0010	0,0012	0,0043
9	10	Morro do Pilar	0,0010	0,0012	0,0042
10	115	Itabirito	0,0010	0,0012	0,0042
11	107	Itabirito	0,0010	0,0012	0,0042
12	49	Baependi	0,0007	0,0011	0,0042
13	32	Delfim Moreira	0,0007	0,0011	0,0041
14	84	Carrancas	0,0007	0,0011	0,0041
15	22	Delfim Moreira	0,0007	0,0011	0,0041
16	92	Carrancas	0,0007	0,0010	0,0040
17	8	Morro do Pilar	0,0006	0,0010	0,0040
18	111	Itabirito	0,0006	0,0010	0,0040
19	90	Carrancas	0,0006	0,0010	0,0040
20	85	Carrancas	0,0005	0,0009	0,0040
21	78	Carrancas	0,0005	0,0009	0,0039
22	7	Morro do Pilar	0,0005	0,0009	0,0039
23	99	Itabirito	0,0005	0,0009	0,0039
24	4	Morro do Pilar	0,0004	0,0009	0,0039
25	53	Baependi	0,0004	0,0008	0,0039
26	24	Delfim Moreira	0,0004	0,0008	0,0038
27	106	Itabirito	0,0004	0,0008	0,0038
28	116	Itabirito	0,0003	0,0008	0,0038
29	102	Itabirito	0,0003	0,0008	0,0038
<b>Média atual</b>					0,0030

a – efeitos aditivos.

**Tabela 19** Componentes de média (BLUP Individual) das 29 melhores progênie (25% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica de crescimento DAP (cm), aos 67 meses de idade

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>Procedência</b>	<b>a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>
1	31	Delfim Moreira	0,8530	0,8530	4,2482
2	110	Itabirito	0,8252	0,8391	4,2343
3	21	Delfim Moreira	0,6721	0,7834	4,1787
4	101	Itabirito	0,6530	0,7508	4,1461
5	115	Itabirito	0,6440	0,7294	4,1247
6	6	Morro do Pilar	0,6371	0,7141	4,1093
7	13	Morro do Pilar	0,6056	0,6986	4,0938
8	107	Itabirito	0,5721	0,6828	4,0780
9	10	Morro do Pilar	0,5600	0,6691	4,0644
10	93	Itabirito	0,4492	0,6471	4,0424
11	3	Morro do Pilar	0,4478	0,6290	4,0243
12	92	Carrancas	0,4438	0,6136	4,0088
13	32	Delfim Moreira	0,4245	0,5990	3,9943
14	8	Morro do Pilar	0,4191	0,5862	3,9814
15	49	Baependi	0,3827	0,5726	3,9679
16	22	Delfim Moreira	0,3821	0,5607	3,9560
17	99	Itabirito	0,3711	0,5495	3,9448
18	78	Carrancas	0,3573	0,5389	3,9341
19	53	Baependi	0,3216	0,5274	3,9227
20	90	Carrancas	0,2959	0,5159	3,9111
21	24	Delfim Moreira	0,2925	0,5052	3,9005
22	85	Carrancas	0,2880	0,4953	3,8906
23	63	Baependi	0,2834	0,4861	3,8814
24	111	Itabirito	0,2737	0,4773	3,8725
25	106	Itabirito	0,2593	0,4686	3,8638
26	84	Carrancas	0,2546	0,4603	3,8556
27	4	Morro do Pilar	0,2402	0,4522	3,8474
28	26	Delfim Moreira	0,2050	0,4433	3,8386
29	116	Itabirito	0,1965	0,4348	3,8301
<b>Média atual</b>					<b>3,3952</b>

a – efeitos aditivos.

**Tabela 20** Componentes de média (BLUP Individual) das 29 melhores progênes (25% do total) de candeia, selecionadas de acordo com a característica de crescimento altura (m), aos 67 meses de idade

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>Procedência</b>	<b>a</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>
1	6	Morro do Pilar	0,8191	0,8191	4,5505
2	115	Itabirito	0,7260	0,7725	4,5039
3	10	Morro do Pilar	0,7228	0,7560	4,4874
4	107	Itabirito	0,6612	0,7323	4,4637
5	32	Delfim Moreira	0,6559	0,7170	4,4484
6	3	Morro do Pilar	0,6329	0,7030	4,4344
7	110	Itabirito	0,6265	0,6921	4,4235
8	4	Morro do Pilar	0,6067	0,6814	4,4128
9	90	Carrancas	0,5581	0,6677	4,3991
10	78	Carrancas	0,5083	0,6517	4,3832
11	116	Itabirito	0,4932	0,6373	4,3688
12	15	Morro do Pilar	0,4785	0,6241	4,3555
13	21	Delfim Moreira	0,4764	0,6127	4,3442
14	8	Morro do Pilar	0,4461	0,6008	4,3323
15	13	Morro do Pilar	0,4419	0,5902	4,3217
16	92	Carrancas	0,4264	0,5800	4,3114
17	37	Delfim Moreira	0,4151	0,5703	4,3017
18	106	Itabirito	0,4045	0,5611	4,2925
19	31	Delfim Moreira	0,4001	0,5526	4,2840
20	101	Itabirito	0,3918	0,5446	4,2760
21	111	Itabirito	0,3421	0,5349	4,2664
22	108	Itabirito	0,3284	0,5255	4,2570
23	102	Itabirito	0,3168	0,5165	4,2479
24	22	Delfim Moreira	0,3132	0,5080	4,2394
25	63	Baependi	0,3055	0,4999	4,2313
26	9	Morro do Pilar	0,3020	0,4923	4,2237
27	7	Morro do Pilar	0,2821	0,4845	4,2159
28	41	Delfim Moreira	0,2780	0,4771	4,2085
29	61	Baependi	0,2742	0,4701	4,2016
<b>Média atual</b>					<b>3,7313</b>

a – efeitos aditivos.

### 3.2 Eficiência da seleção precoce

#### 3.2.1 Estimativa do ganho

O ganho esperado aos 67 meses, pela seleção em idades mais juvenis para cada uma das características de crescimento analisadas, pode ser observado na tabela 21.

A partir do “GSE” é possível calcular o ganho estimado por ano e, neste caso, observa-se, pela seleção precoce das famílias utilizando o caráter altura, que o ganho aumenta à medida em que se reduz a idade de seleção. Essa diferença representa a vantagem da seleção precoce, ou seja, o quanto se adiciona ao ganho com a seleção de genótipos superiores, se a mesma for praticada em idades mais juvenis, conforme salientado por Resende, Bertolucci e Ramalho (1994). Desta forma, se a seleção for executada aos 24 meses, o ganho anual para o caráter altura passa de 2,17% para 4,46%, quando se compara com 67 meses de idade, representando uma vantagem de 2,29 pontos percentuais em favor da seleção precoce (Tabela 21).

**Tabela 21** Estimativa do ganho esperado (GSE) nas características avaliadas, quando se pratica a seleção precoce em diferentes idades em plantas de *Eremanthus erythropappus*, num teste de procedências/progênes, em Baependi, MG

<b>Idades (meses)</b>	<b>GSE (%)</b>	<b>GSE por ano (%)</b>	<b>Vantagem da seleção precoce (%)</b>
<b>Volume de madeira</b>			
<b>67</b>	25,63	4,42	-
<b>60 x 67</b>	25,63	5,13	0,71
<b>DAP</b>			
<b>67</b>	12,81	2,21	-
<b>60 x 67</b>	12,79	2,56	0,35
<b>Altura</b>			
<b>67</b>	12,60	2,17	-
<b>24 x 67</b>	8,92	4,46	2,29
<b>48 x 67</b>	11,99	3,00	0,63
<b>60 x 67</b>	12,29	2,46	0,29

Se o enfoque for no sentido de estimar o ganho por unidade de tempo, constata-se que o ganho é tanto maior quanto mais precoce for a seleção. Pereira et al. (1997) verificaram que com 17 meses, por exemplo, o ganho anual com a seleção em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* seria 125% acima da realizada aos 80 meses, considerando uma intensidade de seleção de 20%.

Quando se analisa a vantagem da seleção precoce para as características volume de madeira e DAP é possível verificar a mesma tendência de aumento do ganho anual à medida que a seleção é realizada em idades mais juvenis (Tabela 21), mesmo que não tenha sido possível calcular o “GSE” para estas características na seleção realizada aos 24 e 48 meses.

Por outro lado, é possível calcular o ganho esperado para as características DAP ou volume de madeira na idade de 67 meses, pela seleção indireta precoce com base no caráter altura em idades mais juvenis (Tabela 22).

**Tabela 22** Estimativa do ganho indireto esperado (GSE) no DAP e volume de madeira, quando se pratica a seleção com base no caráter altura em idades mais juvenis, em plantas de *Eremanthus erythropappus*, num teste de procedências/progênes, em Baependi, MG

Idades	GSE (%)	GSE por ano (%)	Vantagem da seleção precoce (%)
<b>DAP</b>			
<b>67</b>	12,81 *	2,21	-
<b>24 x 67</b>	7,51**	3,75	1,54
<b>48 x 67</b>	10,59**	2,65	0,44
<b>60 x 67</b>	11,11**	2,22	0,01
<b>67 x 67</b>	10,93**	1,88	- 0,33
<b>Volume da madeira</b>			
<b>67</b>	25,63 *	4,42	-
<b>24 x 67</b>	14,94**	7,47	3.05
<b>48 x 67</b>	20,69**	5,17	0.75
<b>60 x 67</b>	21,84**	4,37	- 0.07
<b>67 x 67</b>	21,61**	3,87	- 0.55

\*GSE obtido para o caráter DAP ou volume de madeira pela seleção realizada no próprio caráter; \*\*GSE obtido para o caráter DAP ou volume de madeira pela seleção realizada no caráter altura.

Pelo exposto na tabela 22, a seleção indireta utilizando o caráter altura apresentou eficiência com relação ao ganho obtido. Mais uma vez, verifica-se que o ganho aumenta à medida em que se reduz a idade de seleção, em relação à idade padrão. Por exemplo, na seleção aos 24 meses de idade, o ganho anual em volume de madeira com a seleção é cerca de 170% mais eficiente do que a realizada aos 67 meses, considerando uma intensidade de seleção de 25% das progênie avaliadas.

Visto que a seleção precoce é eficiente mesmo utilizando o caráter altura para a seleção de volume de madeira e ou DAP, espera-se que o ganho obtido por ano nestas características seja superior quando os dados utilizados para a seleção precoce forem os dados de volume de madeira e ou DAP, uma vez que estas características apresentam uma correlação fenotípica superior entre si, quando comparadas à correlação fenotípica destas com a altura (Figura 7, Capítulo 2).

### 3.2.2 Eficiência de seleção precoce pela coincidência de materiais genéticos selecionados

Quando outras metodologias de seleção são utilizadas, em relação à maneira padrão, na prática, quanto maior a coincidência entre os materiais selecionados, maior é a eficiência da metodologia alternativa. Neste caso, a alternativa a ser analisada é a seleção precoce, comparada à seleção realizada aos 67 meses de idade.

Conforme pode ser observado pela tabela 23, verifica-se que quanto mais próxima da idade padrão, maior a eficiência na seleção (maior “ES”) para a característica altura. Além disso, observa-se que a seleção precoce indireta (ganho em uma característica na idade padrão com base na seleção realizada em outra característica numa idade inferior) proporcionou eficiência de seleção

menor, porém com valores próximos aos alcançados com a seleção precoce na mesma característica.

**Tabela 23** Eficiência da seleção precoce em DAP, volume de madeira e altura, aos 67 meses de idade pela seleção precoce sobre DAP, volume e altura, em um teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*, em Baependi, MG

Seleção precoce realizada em	Idade da seleção precoce (meses)	ES (%) esperada no DAP, volume de madeira e altura aos 67 meses		
		DAP	Volume	Altura
DAP	60	96,2	92,3	65,5
Volume	60	96,2	96,2	73,2
	24	54,0	54,0	57,9
Altura	48	69,4	69,4	77,0
	60	73,2	73,2	88,5

Ao analisar cada uma das idades de seleção precoce para o caráter altura, é possível verificar que os maiores valores de eficiência foram conseguidos com a seleção na própria característica (57,9; 77,0 e 88,5, respectivamente para a seleção precoce realizada aos 24; 48 e 60 meses de idade). Contudo, valores de eficiência inferiores, porém próximos aos citados, foram obtidos por meio do resultado da seleção precoce na característica altura sobre a eficiência da seleção em DAP e volume de madeira, demonstrando mais uma vez a eficiência da seleção precoce indireta. No entanto, conforme Pereira et al. (1997), a dificuldade de se utilizar esse procedimento ao se avaliar o mérito da seleção precoce, é o de determinar acima de qual valor a seleção precoce seria viável.

Com relação a uma seleção aos 67 meses de idade para o caráter volume de madeira, verifica-se que a maior coincidência se dá com o próprio caráter avaliado aos 60 meses. Isto vem a sustentar a ideia de que se fosse possível

calcular com maior precisão a “ES” esperada para o volume a partir da seleção precoce nesta mesma característica, os valores seriam superiores aos 54,0% de eficiência obtida com a seleção precoce por meio da altura na idade de 24 meses.

Por este método, é possível perceber que a eficiência da seleção precoce é tanto maior, quanto mais próximas às idades de avaliação. Além disso, todos os valores obtidos para a “ES” são superiores a 50%, mesmo quando a seleção precoce foi realizada no caráter altura aos 24 meses de idade e comparada à seleção em DAP e ou volume de madeira aos 67 meses.

Estes resultados estão de acordo com estudo de Pereira et al. (1997), em que dentre as 23 famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* que seriam consideradas superiores aos 80 meses, 14 delas também foram aos 17 meses, correspondendo a uma eficiência de seleção de 56,5%.

### 3.2.3 Estimativa da correlação genética

Outra forma de demonstrar o quanto a seleção precoce pode ser vantajosa em relação a seleções realizadas em idades mais avançadas é por meio das correlações genéticas existentes entre as médias das progênies em duas idades, sendo uma a idade precoce e a outra a idade padrão (67 meses) para as características de crescimento DAP, volume de madeira e altura (Tabela 24).

Mais uma vez, percebe-se que quanto mais próximas as idades de comparação, maiores são os valores alcançados, desta vez para a estimativa da correlação. Além disso, verifica-se que todos os valores alcançados são iguais ou superiores a 0,55 e todos positivos. Pode-se observar que os maiores valores obtidos na estimativa da correlação genética para o volume de madeira foram com a seleção realizada aos 60 meses, alcançando valores de 0,99 com a seleção na própria característica, 0,86 com a seleção precoce a partir do DAP e, 0,79 quando utilizou-se a altura.



**Tabela 24** Estimativa das correlações genéticas aditivas entre as médias das progênes em duas idades, para as características DAP, volume de madeira e altura, em um teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*, em Baependi, MG

Seleção precoce realizada em	Idade da seleção precoce (meses)	Correlação genética entre os caracteres avaliados nas idades precoces com a avaliação aos 67 meses		
		DAP	Volume	Altura
DAP	60	+ 0,99	+ 0,86	+ 0,73
Volume	60	+ 0,87	+ 0,99	+ 0,79
	24	+ 0,55	+ 0,61	+ 0,84
Altura	48	+ 0,70	+ 0,75	+ 0,95
	60	+ 0,72	+ 0,79	+ 0,99

O fato de não haver correlações negativas entre os caracteres avaliados nas diferentes idades, torna o processo seletivo mais eficiente e possibilita que a resposta correlacionada com a seleção praticada sobre um determinado caráter na idade mais jovem ocorra no sentido desejado do mesmo ou de outro caráter, na idade padrão. De outra forma, isto significa que se positivo, quanto maior o valor da correlação, maior é a probabilidade de que as progênes com melhor desenvolvimento nas idades mais juvenis sejam também as de melhor desenvolvimento em idades mais avançadas.

Conforme salientado por Paludzyszyn Filho, Shimoyama e Mora (2003), a seleção precoce pode ser utilizada, desde que haja alta magnitude da correlação genética entre as idades. Os valores de correlação encontrados para a altura entre idades revelam que esse caráter, quando avaliado aos 24 meses, por exemplo, prediz o crescimento em altura aos 67 meses como indica a elevada magnitude da correlação genética para estas respectivas idades (0,84). Segundo Paludzyszyn Filho, Fernandes e Resende (2002), esses resultados conduzem à

redução de custos na avaliação de progênies, antecipando a seleção de genitores e a oferta de sementes melhoradas.

No entanto, conforme pode ser verificado (Tabela 24), mesmo que os valores de correlação tenham sido positivos e maiores ou iguais a 0,55, nota-se redução destes valores com a seleção realizada aos 24 meses de idade, em relação às idades mais próximas à idade padrão, principalmente quando realiza-se a seleção precoce com base nos dados de altura e verifica-se o resultado em outro caráter. Isto significa que a seleção precoce nas idades mais juvenis está mais propensa a erros, quando comparada às seleções realizadas em idades mais avançadas, tendo como comparação a seleção aos 67 meses de idade.

Com relação à maior probabilidade de erros, Moura, Melo e Silva (1993), estudando a correlação genética entre os dados de altura, DAP e sobrevivência para diferentes idades em *Eucalyptus cloeziana*, verificaram que os maiores valores foram encontrados quando as idades eram superiores a 28 meses para altura e sobrevivência e após 41 meses para DAP. Estes autores concluíram que uma seleção antes de 28 meses resultaria em maiores erros de interpretação. Resultados semelhantes foram encontrados por Moura e Costa (1985) ao trabalharem com espécies e procedências de eucalipto.

Pelos valores encontrados para as correlações, verifica-se que é possível realizar com eficiência a seleção precoce, pois a associação entre o desempenho das famílias em idades juvenis com a idade tomada como padrão foi alta. Estes resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Pereira et al. (1997).

#### 3.2.4 Estimativa da interação progênies x idades

Ao realizar a análise de variância para cada uma das características de crescimento avaliadas em duas idades distintas, sendo uma delas a padrão (67 meses), é possível observar que não houve interação significativa progênies x

idades para qualquer uma das características quando comparadas as idades de 60 e 67 meses (Tabela 25). Estes resultados reforçam a possibilidade de realizar a seleção precoce com maior eficiência para a idade de 60 meses.

**Tabela 25** Resumo das análises de variância das idades duas a duas e decomposição do componente da variância da interação para DAP (cm), volume de madeira (dm<sup>3</sup>) e altura (m), obtidas no teste de procedência/progênes de *Eremanthus erythropappus*, em Baependi, MG

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio				
		DAP	Volume	Altura		
		Idade	Idade	Idade		
		60 x 67	60 x 67	24 x 67	48 x 67	60 x 67
<b>Blocos (B)</b>	6	52,316	203,019	26,825	38,098	47,588
<b>Progênes (P)</b>	115	1,812	5,913	0,841	1,112	1,320
<b>Erro a</b>	690	0,799	2,819	0,210	0,313	0,379
<b>Idade (I)</b>	1	3,926	17,079	623,832	88,813	4,481
<b>Int. P x I</b>	115	0,007 <sup>ns</sup>	0,030 <sup>ns</sup>	0,128 <sup>**</sup>	0,045 <sup>**</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
<b>Erro b</b>	696	0,008	0,035	0,084	0,032	0,009
<b>Parte simples (%)</b>		-	-	47	97	-
<b>Parte Complexa (%)</b>		-	-	53	3	-

G.L.: Graus de Liberdade; \*\*: significativo a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup>: não significativo a 5% de probabilidade.

O comportamento das progênes pode ser analisado pela existência ou não de variação nas taxas de crescimento ao longo dos anos, o que pode ser avaliado por meio do estudo da interação de progênes x idades. Com base nisso, segundo Marques Júnior (1995), a seleção precoce será mais eficiente, quando os genótipos apresentarem as mesmas taxas de crescimento ao longo do período de avaliação, ou seja, quando não houver interação.

Por outro lado, a seleção precoce pode ser eficiente, mesmo quando a interação for significativa, mas somente se esta significância for condicionada, predominantemente, pela diferença de variabilidade entre os genótipos e não pela falta de correlação genética entre as progênies e idades (MARQUES JÚNIOR, 1995). Isto significa que, mesmo que as taxas de crescimento não sejam as mesmas ao longo do período de avaliação, as maiores e menores taxas seriam observadas para as progênies que foram selecionadas e as progênies de pior comportamento na idade precoce, respectivamente. Desta forma o ranqueamento dos materiais genéticos em duas idades distintas tenderia ao mesmo resultado, sendo que a existência de interação seria causada pelas diferenças entre as médias dos materiais genéticos avaliados.

Para o caráter altura, foi possível analisar a interação progênies x idades também para as idades duas a duas de 24 x 67 e 48 x 67 meses. Em ambos os casos, a interação foi significativa a 1% de probabilidade, pelo Teste F (Tabela 25). Desta forma, havendo significância da interação progênies x idades, foi necessário proceder ao desdobramento desta interação a fim de verificar o quanto foi devida à parte simples e o quanto à parte complexa. Na existência de interação, quanto maior a parte complexa, menor será a eficiência na seleção precoce.

Com base nos resultados da decomposição (Tabela 25), verifica-se que para a seleção precoce realizada aos 24 meses de idade, 53% da interação é devida à parte complexa, enquanto 47% devida à parte simples, o que implica em maior probabilidade de erros com a seleção precoce.

No entanto, a decomposição da interação para a seleção precoce realizada aos 48 meses revelou que apenas 3% é devida à parte complexa da interação (Tabela 25). Conforme relatado por Marques Júnior (1995) e Rezende, Bertolucci e Ramalho (1994), isso significa que a magnitude da interação progênies x idades foi função principalmente da diferença entre os valores

absolutos das variâncias genéticas observadas em cada época (48 e 67 meses), e não de mudanças no posicionamento dos materiais genéticos ao longo do tempo.

Portanto, pelos resultados das análises de variância das idades duas a duas e pela decomposição da interação progênies x idades, quando a interação foi significativa, verifica-se a mesma tendência observada anteriormente com relação à eficiência de seleção. Quanto mais juvenil a seleção precoce, maior a probabilidade de incorrer em erros de seleção, pois verifica-se que a contribuição da interação aumenta com o aumento do tempo entre a avaliação e a idade padrão. Resultados semelhantes foram obtidos por Pereira et al. (1997).

Além disso, quando os testes forem realizados em vários locais, de acordo com Pires et al. (2011), para as características DAP, altura e volume de madeira, por exemplo, a seleção precoce deve ser vista com cautela, pois pode haver alterações na classificação dos materiais genéticos, pelo fato de a interação genótipos x ambientes poder se manifestar com maior intensidade à medida que o povoamento fica mais velho.

Outra ressalva é que a idade dita como padrão para este trabalho não corresponde à idade de corte da espécie *Eremanthus erythropappus*, que segundo Silva (2009), estaria por volta de 12 anos. Desta forma, mesmo que já seja possível selecionar materiais genéticos mais produtivos e adiantar o ciclo de melhoramento da espécie, os estudos devem ser continuados a fim de acompanhar o comportamento das 116 progênies até a idade de corte.

### **3.3 Análise da seleção precoce**

A seleção precoce deve ser analisada com cautela nos programas de melhoramento genético da candeia, uma vez que os trabalhos com esta espécie são relativamente recentes. Desta forma, para enfatizar ou não o uso da seleção

precoce, outros estudos devem ser realizados para conhecer melhor o comportamento silvicultural da candeia ao longo de todo o ciclo de produção.

Contudo, a seleção precoce pode conduzir à redução de custos na avaliação de materiais genéticos, uma vez que tem potencial para eliminar progênies muito abaixo da média desde os primeiros anos de condução de um teste genético. Da mesma forma, pode reduzir os custos e antecipar resultados, na ocorrência de materiais genéticos muito superiores. Neste caso, pode antecipar a seleção de genitores e a oferta de sementes melhoradas num prazo menor de tempo.

Uma alternativa seria utilizar dos resultados de uma seleção precoce para delinear outros experimentos genéticos como forma de tentar adiantar o ciclo de melhoramento da espécie. Isto pode ser realizado de algumas maneiras, por exemplo:

- Resgatar matrizes consideradas superiores, a partir de resultados em idades juvenis, para implantação de pomares de sementes;
- Resgatar matrizes consideradas superiores, para adiantar o processo de produção de mudas por meio de propagação vegetativa, ganhando tempo, caso os materiais genéticos selecionados em idades juvenis sejam mesmo superiores, quando avaliados em idades mais avançadas;
- Promover o cruzamento controlado entre matrizes consideradas superiores pela avaliação de suas progênies em idades precoces, gerando variabilidade e possibilidade de implantação de novos testes genéticos;
- Selecionar os melhores indivíduos dentro das melhores progênies e antecipar os testes clonais, caso seja interessante a clonagem para a espécie.

#### 4 CONCLUSÕES

A avaliação e seleção em idades mais juvenis na espécie *Eremanthus erythropappus*, com base nos dados de altura, é eficiente para selecionar genótipos superiores em relação a esta característica e também ao DAP e ao volume de madeira, podendo ser utilizada para recomendação de materiais genéticos mais produtivos num intervalo de tempo menor.

Quanto mais precoce a seleção, maiores são os ganhos anuais em relação às características de crescimento DAP, altura e volume de madeira em *Eremanthus erythropappus*.

Por outro lado, quanto mais precoce for a seleção, maior é a probabilidade de selecionar materiais genéticos que não sejam aqueles superiores na idade dita como padrão.

## REFERÊNCIAS

ABREU, G. A. **Influência do esterco bovino na produção de mudas de *Eremanthus erythropappus* (candeia)**. 2007. 31 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ALTOÉ, T. F. **Sustentabilidade de plantações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish) na produção e qualidade de óleo essencial**. 2012. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

BARREIRA, S. et al. Diversidade genética e sistema de reprodução em população nativa de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish sob exploração. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 71, p. 119-130, ago. 2006.

BORRALHO, N. M. G.; COTTERILL, P. P.; KANOWSKI, P. J. Genetic control of growth of *Eucalyptus globulus* in Portugal: II., efficiencies of early selection. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 41, n. 2, p. 70-77, Mar./Apr. 1992.

BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeish. em tubetes**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

CÂNDIDO, J. F. **Cultura da candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Sch. Bip.)**. Viçosa, MG: UFV, 1991. 7 p. (Boletim de Extensão, 35).

CAVALCANTI, J. J. V.; RESENDE, M. D. V. **Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o melhoramento genético do cajueiro**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2010. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37).

COSTA, R. B. et al. Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 381-388, fev. 2000.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 41 p.



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

DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; SILVA, E. A. A. Improvement to the physical quality and imbibition pattern in seeds of candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 321-326, jul./set. 2011.

ESTOPA, R. A. et al Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 97-106, abr. 2006.

FARIAS NETO, J. T.; CASTRO, A. W. V.; BIANCHETTI, A. Aplicação da seleção precoce em famílias de meios irmãos de taxi-branco. **Acta Amazonica**, Belém, v. 33, n. 1, p. 85-91, jan./mar. 2003.

FERREIRA, M.; ARAÚJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para teste de procedência**. Curitiba: EMBRAPA, 1981. 28 p. (Documentos URPFCs, 6).

FREITAS, V. L. O. **Variabilidade genética em *Vanillosmopsis erythropappa* Schultz Bip. (Asteraceae) em áreas de candeial e de mata**. 2001. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* spp) e a diferença das diferentes origens comerciais de sua madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, 2006.

GONÇALVES, P. S. et al. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State, Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 620-630, July/Aug. 1998.

GOOGLEMAPS. **Estado de Minas Gerais**. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em: 10 out. 2011.

GOULART, P. B. **Desenvolvimento de metodologia para enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeish**. 2003. 32 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

HAMBLIN, J.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Breeding common bean for yield in mixtures. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 4, n. 1, p. 254-272, 1986.

KAGEYAMA, P. Y. **Seleção precoce a diferentes idades em progênies de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1983. 147 f. Tese (Livre Docência em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1983.

KAGEYAMA, P. Y. et al. **Teste de progênie de meios-irmãos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. de árvores superiores selecionadas em populações da Austrália**. Piracicaba: IPEF, 1980. 8 p. (Circular Técnica, 114).

MARQUES JÚNIOR, O. G. **Estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos e avaliação da eficiência da seleção precoce em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell**. 1995. 69 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

MASSARO, R. A. M. et al. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 597-609, out./dez. 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.

MOURA, V. P. G.; COSTA, S. M. **Seleção de espécies de *Eucalyptus* no eixo Campo Grande-Três Lagoas, MS**. Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1985. 33 p. (Boletim de Pesquisa, 23).

MOURA, V. P. G.; MELO, J. T.; SILVA, M. A. Comportamento de procedências de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. aos nove e meio anos de idade, em Planaltina, DF, área de cerrado. **IPEF**, Piracicaba, n. 46, p. 52-62, jan./dez. 1993.

PAIVA, H. N.; RESENDE, M. D. V.; CORDEIRO, E. R. Índice multiefeitos e estimativas de parâmetros genéticos em aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 799-807, jun. 2002.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, dez. 2002.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SHIMOYAMA, V. R. S.; MORA, A. L. Seleção precoce para incremento simultâneo do crescimento e da qualidade da madeira em *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 46, p. 31-46, jan./jun. 2003.

PEREIRA, A. A. S. **Nutrição e adubação de candeia**. 1998. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

PEREIRA, A. B. et al. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., avaliadas na região noroeste do Estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 67-81, jan./jun. 1997.

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.

PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish - a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 257-273, jul./dez. 2004.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. et al. **Parâmetros técnicos para produção de sementes florestais**. Seropédica: EDUR, 2007. 188 p.

PIRES, I. E. et al. **Genética florestal**. Viçosa, MG: Arka, 2011. 318 p.

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

\_\_\_\_\_. **Seleção precoce no melhoramento florestal**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 14 p.

\_\_\_\_\_. **Software Selegen REML/BLUP**. Campo Grande: EMBRAPA, 2006. 299 p.

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

REZENDE, A. A. **Enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

REZENDE, G. D. S. P.; BERTOLUCCI, F. L. G.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 45-50, jan./jun. 1994.

SCOLFORO, J. R. S. et al. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 87-102, 2004.

\_\_\_\_\_. **Manejo de plantações de candeia**. Lavras: UFLA, 2008a. 26 p.

\_\_\_\_\_. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***: relatório técnico científico. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p.

\_\_\_\_\_. Volume, peso de matéria seca e produção de óleo para candeia (*Eremanthus erythropappus*), em Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; OLIVEIRA, A. D.; ACERBI JÚNIOR, F. W. (Ed.). **Inventário florestal de Minas Gerais**: equações de volume, peso de matéria seca e carbono para diferentes fisionomias da flora nativa. Lavras: UFLA, 2008b. p. 171-179.

SILVA, A. C. **Variações genéticas em candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**: simbiose e desenvolvimento radicular e estabelecimento inicial em áreas degradadas. 2003. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SILVA, A. C. et al. Variação genética entre e dentro de populações de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 271-277, jul./set. 2007a.

\_\_\_\_\_. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 609-617, jul./ago. 2007b.

SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SIQUEIRA, F. F. **Efeito de substratos contendo diferentes adubações na semeadura direta de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2008. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, 2008.

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.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 114-121, jan./fev. 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, maio/ago. 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 272 p.

#### **CAPÍTULO 4 Metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish**

**RESUMO:** Pelo importante papel ecológico que a candeia desempenha, aliado à crescente demanda pelos produtos obtidos desta espécie, é necessário iniciar o processo de clonagem visando melhorar a qualidade dos povoamentos a serem implantados. Deste modo, o presente trabalho tem o objetivo de definir uma metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas da espécie. Como forma de resgatar as matrizes, 24 árvores de um povoamento de *Eremanthus erythropappus* com seis anos de idade foram decepadas a 15, 30, 45 e 60 cm de altura em relação à superfície do solo, sendo que em 12 árvores, procedeu-se ao tratamento de escarificação do solo com enxada. A contagem e a coleta de brotos foram executadas aos 65 e 135 dias após a decepa, respectivamente. Das brotações obtidas, foram confeccionados três tipos de estacas: Apical 1, Apical 2 e Basal, que foram tratadas com AIB nas concentrações de 0, 200, 400, 800 ou 1.600 mg kg<sup>-1</sup> e colocadas para enraizarem em casa de vegetação climatizada. Com base nos resultados, conclui-se que a decepa, independente da altura, seguida da escarificação do solo e a confecção de estacas apicais preparadas a partir das brotações coletadas de raízes, é um método eficiente para resgate de árvores superiores e enraizamento de estacas de candeia, sem a necessidade de aplicação de AIB.

Palavras-chave: Candeia. Brotação de raízes. Estaquia.

## 1 INTRODUÇÃO

O interesse comercial pela candeia (*Eremanthus erythropappus*) está na madeira que apresenta alta resistência, durabilidade e poder energético, mas principalmente no óleo extraído de toda a planta, o qual contém alfabisabolol. Este princípio ativo apresenta propriedades farmacológicas, sendo utilizado na indústria de cosméticos na forma de hidratantes e loções cicatrizantes (PÉREZ, 2001). A madeira, em sua forma bruta, é utilizada como mourões para cercas (GALDINO et al., 2006).

Além de ser uma espécie com potencial econômico, a candeia exerce um papel importante no contexto ambiental, formando um maciço florestal (candeal) que se desenvolve em áreas com altitude entre 900 e 1.800 m (PÉREZ et al., 2004), locais de relevância importância para o abastecimento do lençol freático. Segundo Oliveira Filho e Fluminhan Filho (1999), o candeal também funciona como uma espécie de tampão antifogo para outras formações florestais devido à resistência a regimes moderados de incêndios.

Uma característica peculiar da espécie é seu desenvolvimento em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente em áreas de campos de altitude (SCOLFORO et al., 2002). De acordo com Pérez (2001) e Scolforo et al. (2008), é muito comum encontrar grandes candeais em locais em que seria difícil o desenvolvimento de outra espécie arbórea ou de uma cultura agrícola.

Embora a candeia apresente uma relativa distribuição no Estado de Minas Gerais (PÉREZ, 2001), esta espécie vem sendo ameaçada pelo corte indiscriminado, visto que o interesse econômico é grande. Por este motivo foram iniciados trabalhos com o intuito de desenvolver sua silvicultura (ABREU, 2008; BRAGA, 2006; DAVIDE; TONETTI; SILVA, 2011; ESTOPA et al., 2006; GOULART, 2003; PEREIRA, 1998; PÉREZ, 2001; PÉREZ et al., 2004; REZENDE, 2007; ROSAL, 2004; SCOLFORO et al., 2002; SILVA, 2009;

SILVA et al., 2007; SIQUEIRA, 2008; TEIXEIRA et al., 1996; TONETTI; DAVIDE; SILVA, 2006; VENTURIN et al., 2005).

Com o início dos trabalhos e maior conhecimento acerca da espécie, proprietários da região sul de Minas Gerais vêm aproveitando terras antes consideradas improdutivas para a implantação de pequenos povoamentos de candeia, fato que tem aumentado a demanda por mudas desta espécie.

A produção de mudas de candeia ainda é feita exclusivamente via seminal (SCOLFORO et al., 2008). Além disso, as sementes são coletadas em povoamentos naturais e os plantios têm sido desenvolvidos com materiais genéticos sem grau de melhoramento, impossibilitando a seleção das melhores progênies, fator preponderante para o manejo racional de qualquer espécie.

Os povoamentos existentes não apresentam o potencial produtivo que poderiam ser alcançados, o que indica a necessidade de sementes de melhor qualidade, ou mesmo o desenvolvimento do processo de clonagem da espécie. A propagação vegetativa é fundamental para capturar o ganho máximo obtido em programas de melhoramento que visam à obtenção de genótipos mais produtivos e adaptados a diferentes sítios (ASSIS, 1996).

De acordo com Xavier, Wendling e Silva (2009), após a seleção das árvores superiores, as fases subsequentes referem-se ao seu resgate e multiplicação vegetativa. Contudo, essas etapas podem apresentar alguns entraves no que se refere à multiplicação vegetativa, visto que a seleção da árvore, na maioria das vezes, ocorre na idade adulta.

Resultados inerentes às técnicas de resgate de árvores selecionadas de candeia e à capacidade de enraizamento de estacas desta espécie são ainda incipientes (GOULART, 2003; REZENDE, 2007). Dentre as técnicas de resgate e multiplicação da árvore selecionada, amplamente utilizadas pelo setor florestal, destaca-se a indução de brotações basais pela decepa, seguida pela coleta e enraizamento destas brotações que surgem após o estímulo causado pelo



corte da árvore (ALFENAS et al., 2004; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

Esta técnica de resgate é bastante utilizada, devido principalmente ao grau de rejuvenescimento conseguido nas brotações (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009) e ao grande número de brotações que surgem ao longo principalmente da cepa remanescente quando comparada a outras técnicas de resgate (ALFENAS et al., 2004; GEORGE, 1993; GONÇALVES, 1982; HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). No entanto, a implementação desta técnica depende da espécie, da época do ano, das condições ambientais e fisiológicas da planta (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

A questão do rejuvenescimento justifica-se pelo fato de que, em espécies florestais, há um gradiente de maturação em virtude da maior proximidade com o meristema apical (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009), sendo que a reversão à juvenilidade está diretamente relacionada a condições mais favoráveis para enraizamento (CRESSWEL; FOSSARD, 1974; HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000). Desta forma, quanto mais próxima da base da planta, maior a juvenilidade da brotação. No entanto, quase nada se sabe sobre o potencial de brotação de cepas de candeia no campo. Em estudo com relação à clonagem desta espécie, Rezende (2007) verificou que a candeia apresenta potencial de brotação após a decepa, sendo estes brotos emitidos tanto pelo fuste remanescente quanto pelo sistema radicular presente.

Além da falta de conhecimento sobre as brotações em cepas de candeia, vários são os fatores que podem interferir na emissão e número de brotos após a decepa de uma árvore. Segundo Balloni, Simões e Silva (1978), a altura de corte, para as espécies que apresentam baixa capacidade de brotação, é um fator importante, pois há uma tendência na emissão de maior quantidade de brotos por cepa e uma redução na porcentagem de árvores que não apresentam nenhuma

brotação, à medida que se aumenta a altura da cepa remanescente. Isto ocorre pois existe um aumento significativo no número de gemas ativas nas cepas em função da decepa a maiores alturas (FERREIRA; SILVA, 1977 citados por SILVA, 1983).

Somando-se à altura de corte, o vigor das cepas tem grande influência sobre o início e crescimento das brotações. Desta forma, quanto mais vigorosa a cepa, maior a probabilidade de emissão de brotações, considerando cepas de uma mesma idade. Contudo, o número de brotos aumenta com o diâmetro das cepas até o ponto em que a espessura da casca começa a dificultar a emergência das gemas dormentes (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979).

Outros fatores que interferem no processo de emissão e desenvolvimento das brotações também são citados: espécies/procedências (HIGA; STURION, 1991); local e interações ambientais; época do ano em que se realiza a decepa (BALLONI; SIMÕES; SILVA, 1978; GOES, 1977); dentre outros.

Após a obtenção das brotações, estas devem ser coletadas para serem levadas à estrutura de um viveiro de produção de mudas para que passem pelas etapas referentes ao enraizamento de estacas, visando a formação de mudas dentro dos padrões de qualidade.

Na produção da muda por estaquia, segundo Xavier, Wendling e Silva (2009), o enraizamento constitui-se em um processo complexo, no qual há a formação de um novo sistema radicular, denominado adventício. Por ser complexo, assim como na fase de brotação das cepas, inúmeros fatores interferem no processo de enraizamento das estacas.

No que se refere à posição de origem das estacas caulinares na brotação, estas podem ser classificadas em apicais, medianas e basais (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). De acordo com os mesmos autores, estacas apicais são mais fáceis de enraizarem, por possuírem consistência mais herbácea

e gema apical. Hartmann et al. (2002) salientam que é principalmente na gema apical onde é produzida auxina, hormônio que favorece o enraizamento adventício.

Em espécies que se propagam facilmente pela estaquia, não é necessário a aplicação exógena de reguladores de crescimento estimuladores do enraizamento. No entanto, em espécies com problemas no enraizamento de estacas, as auxinas quando aplicadas exogenamente, podem promover a iniciação de raízes, dependendo da espécie, do estado de maturação, entre outros fatores (ALFENAS et al., 2004; XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009).

Assis e Teixeira (1998) reforçam que, em espécies de difícil enraizamento, além do balanço hormonal, o estado fisiológico do propágulo vegetativo influencia a rizogênese. Por outro lado, o estado fisiológico pode ser influenciado pela época do ano em que se coleta o material (ALFENAS et al., 2004), pelos aspectos nutricionais das brotações (MALAVASI, 1994; PAULA et al., 2000), pelo vigor vegetativo e turgidez dos propágulos (XAVIER; WENDLING; SILVA, 2009). Com relação à turgidez dos propágulos, este aspecto merece atenção especial durante a etapa de resgate das matrizes, uma vez que a árvore selecionada está no campo, na maioria dos casos, local bem distante do viveiro em que ocorrerá o processo de enraizamento.

Portanto, com base na importância de desenvolver o processo de clonagem da candeia para os programas de melhoramento da espécie, o objetivo deste estudo foi definir uma metodologia para resgate de matrizes e enraizamento de estacas de *Eremanthus erythropappus*.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Localização e caracterização da área de estudo**

O estudo foi desenvolvido entre dezembro de 2009 e julho de 2010 em área experimental e nas dependências do Viveiro Florestal, ambos de responsabilidade do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

O clima do município de Lavras é do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual está em torno de 19,3°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 22,1° e 15,8°, respectivamente. A precipitação anual normal é de 1.530 mm, a evaporação total do ano igual a 1.343 mm e a umidade relativa média anual de 76% (BRASIL, 1992).

### **2.2 Material experimental**

#### **2.2.1 Seleção das matrizes**

Para a realização do estudo foram utilizadas árvores de um povoamento de *Eremanthus erythropappus*, implantado no Campus da UFLA em janeiro de 2005.

O povoamento é composto por aproximadamente 850 árvores de candeia, nas quais foram realizadas medições da circunferência a altura do peito (CAP). A partir dos dados de CAP e desvio padrão desta característica, foram selecionadas 24 árvores para serem decepada, dentre aquelas com valor de CAP acima da média mais uma unidade de desvio padrão ( $x \geq \mu + 1,0 \delta$ ).

Outro critério para a seleção destas árvores foi a estratificação da área total do plantio em três áreas consideradas mais homogêneas com relação aos fatores ambientais, considerados os blocos na experimentação, de forma que para cada uma das três áreas foram selecionadas oito árvores entre aquelas que estivessem contemplando o valor acima mencionado ( $x \geq \mu + 1,0 \delta$ ).

### 2.2.2 Enraizamento de estacas

Para o estudo de enraizamento de estacas de candeia, foram utilizados os propágulos vegetativos provenientes das brotações de raízes das 24 árvores decepadas.

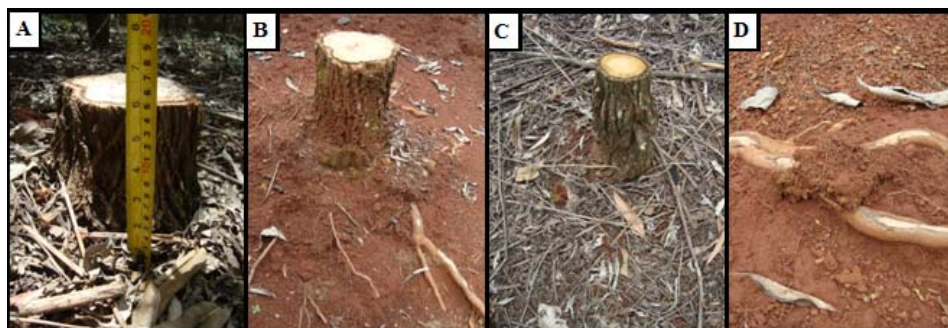
## 2.3 Montagem dos Experimentos

### 2.3.1 Resgate de matrizes

Em meados de dezembro de 2009, as 24 matrizes selecionadas foram decepadas. Para a realização do corte, utilizou-se uma motosserra. Foram testados dois fatores para a obtenção do material vegetativo: 1) alturas de corte (15, 30, 45 e 60 cm em relação à superfície do solo); 2) exposição ou não das raízes ao redor do fuste remanescente (Figura 9).

A exposição das raízes, denominada a partir deste momento como escarificação do solo, foi realizada com o auxílio de uma enxada. Para isso, depois de realizada a decape da árvore, o solo no entorno das cepas foi retirado até uma profundidade variável, capaz de expor a maior área possível de raízes a uma distância de 0,50 m da cepa em todas as direções, formando um círculo de diâmetro igual a 1,0 m. Durante a escarificação do solo, algumas raízes foram

feridas pela lâmina da enxada, porém isto foi considerado como um fator acidental (Figura 9D).

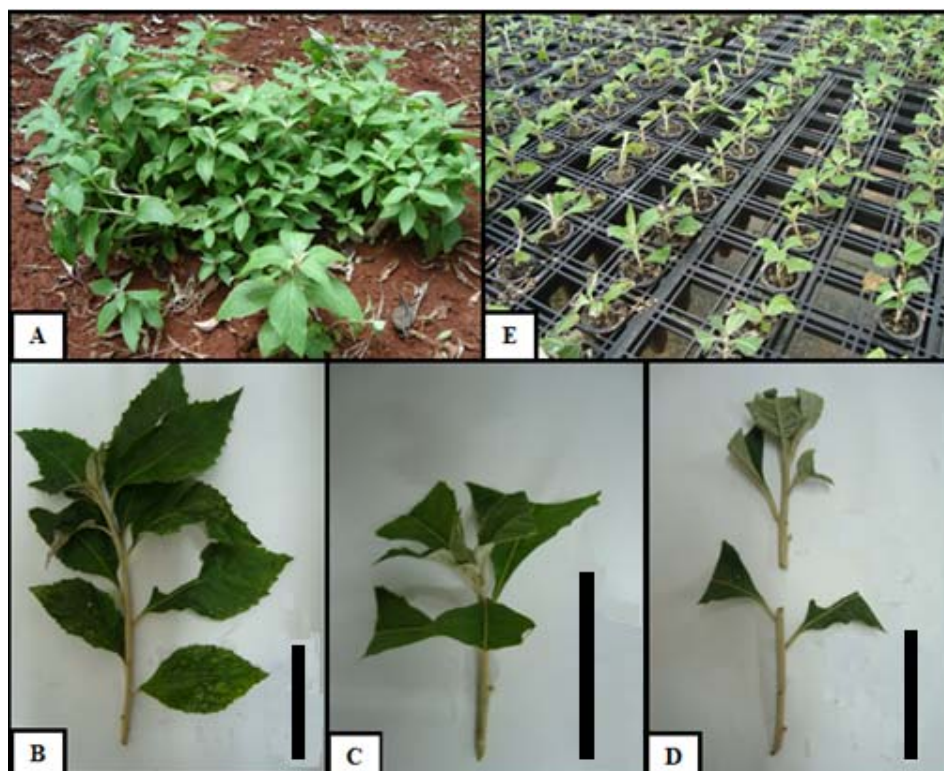


**Figura 9** Preparo das cepas de candeia para resgate. A: árvore decepada a 15 cm de altura; B: árvore decepada com exposição das raízes; C: árvore decepada sem exposição das raízes; D: raízes feridas pela enxada durante a escarificação do solo.

Para maior controle experimental, o povoamento foi dividido em três blocos, cada bloco possuindo oito das 24 matrizes. Desta forma o experimento foi montado em um Fatorial 4 (alturas de corte) x 2 (com e sem escarificação do solo), em Blocos Casualizados com três repetições.

### 2.3.2 Enraizamento de estacas

Passados 135 dias após a decepa das matrizes selecionadas, foram coletadas brotações com altura variando de 7 até 20 cm, provenientes das raízes. Das brotações com tamanho entre 7 e 14 cm, foi confeccionado apenas um tipo de estaca (Apical 1). Das brotações com tamanho entre 14 e 20 cm, foram confeccionados dois tipos de estacas: uma da parte apical das brotações (Apical 2) e uma da parte basal, contendo um par de folhas (Basal). Depois de preparadas, as estacas apresentaram dimensões entre 7 e 10 cm de comprimento (Figura 10).



**Figura 10** Brotações e estacas de candeia. A: brotações no campo, provenientes de raízes; B: brotação com aproximadamente 15 cm de altura; C: estaca Apical 1; D: estaca Apical 2 e Basal; E: estacas apicais e basais em processo de enraizamento em casa de vegetação climatizada. (Barra igual a 5 cm).

As estacas apicais foram preparadas com dois ou mais pares de folhas. Para manter as condições de turgescência do material vegetativo, as estacas foram acondicionadas em caixas de isopor, efetuando pulverizações com água por meio de pulverizador manual, em intervalos de tempo inferiores a cinco minutos até a etapa de estaqueamento.

As estacas foram submetidas ao tratamento com regulador de crescimento ácido-indolbutírico (AIB) nas concentrações de: 0, 200, 400, 800 e 1.600 mg.kg<sup>-1</sup>. Em seguida, foram estaqueadas em tubetes de 55 cm<sup>3</sup>, previamente esterilizados em água quente a 80°C/30 seg., conforme método descrito por Alfenas et al. (2004). O substrato utilizado para estaqueamento e

produção das mudas de candeia foi uma mistura de casca de arroz carbonizada, vermiculita de granulometria média e areia lavada, na proporção volumétrica de 4,5:4,5:1, com adição de  $4 \text{ kg.m}^{-3}$  de adubo de liberação controlada Osmocote® na concentração 19:06:10 de NPK, com tempo de liberação de três meses.

Posteriormente as bandejas foram conduzidas para casa de vegetação climatizada, com controle de temperatura a  $29^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar acima de 80% (Figura 10E). O período compreendido entre a coleta das estacas, seu preparo, tratamento com regulador de crescimento e posterior estaqueamento, foi sempre inferior a 45 minutos.

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, no esquema Fatorial  $3 \times 5$ , com 3 tipos de estacas (Apical 1, Apical 2 e Basal) e 5 doses de AIB (0, 200, 400, 800 e  $1.600 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), em três repetições constituídas cada uma de 11 estacas.

## **2.4 Avaliações**

### **2.4.1 Coleta dos brotos**

Após a decepa das matrizes e submissão ao tratamento de escarificação do solo, as cepas foram monitoradas regularmente durante 135 dias até a coleta das brotações. Quando necessário foram retiradas plantas daninhas junto às cepas.

No trigésimo dia e, a partir daí, de 15 em 15 dias, foi medido o tamanho da maior brotação em cada cepa, como forma de acompanhar o desenvolvimento das brotações. Aos 60 dias após o corte, o número de brotações em cada cepa foi analisado. Foram quantificadas separadamente as brotações obtidas da cepa remanescente e as obtidas do sistema radicular exposto. A partir dos dados obtidos para o número de brotações por cepa, foi realizada a análise de variância



com auxílio do Programa Estatístico SisVar (FERREIRA, 2000), segundo metodologia proposta por Banzatto e Kronka (2006).

Aos 135 dias após a decepa das matrizes, todas as brotações existentes foram retiradas.

#### 2.4.2 Área de exposição de raízes

Após a coleta de todas as brotações, a área ao redor de cada cepa foi limpa com o auxílio de uma vassoura, com o intuito de possibilitar maior contraste entre o solo e as raízes expostas naturalmente ou pela escarificação.

Depois de limpa e com auxílio de uma lona plástica com orifício circular de raio igual a 0,50 m, a área correspondente a 0,79 m<sup>2</sup> foi fotografada (Figura 11).

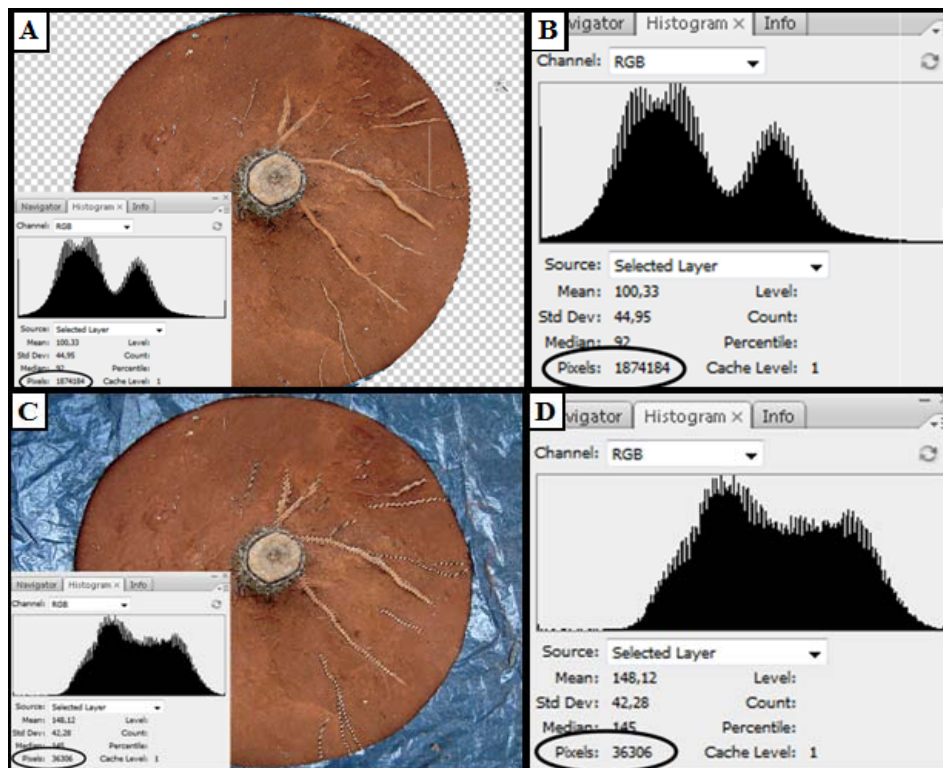


**Figura 11** Lona plástica com orifício circular de raio igual a 0,50 m (A), utilizada como gabarito para fotografar uma área correspondente à 0,79 m<sup>2</sup> de cepas com escarificação do solo (B) e sem escarificação do solo (C).

A área de raízes expostas das cepas foi obtida por meio das fotografias digitais (2048 x 1536 pixels), depois de processadas no software de edição de imagens Adobe Photoshop CS3<sup>®</sup>. Após a obtenção das imagens, as mesmas passaram por um processo de vetorização manual e o total de pixels da área do círculo (Figura 12A e 12B) bem como da área de raízes expostas (Figura 12C e 12D) foram quantificados tendo como base a função histograma.

A análise das imagens digitais consistiu no reconhecimento da cena para a geração de características dimensionais por meio do método de contagem ou frequência de seus elementos formadores (pixels) (TEIXEIRA; CICERO; DOURADO NETO, 2006).

A estimativa da área de raízes expostas foi obtida pela razão entre o número de pixels de raízes e o número de pixels do gabarito. Esta estimativa de área de raízes foi possível devido ao gabarito ter área circular de 0,79 m<sup>2</sup>.



**Figura 12** Processo de vetorização manual das fotografias digitais com auxílio do software de edição de imagens Adobe Photoshop CS3<sup>®</sup>. A e B: Vetorização manual do total de pixels da área do círculo; C e D: Vetorização manual do total de pixels da área de raízes expostas.

### 2.4.3 Enraizamento de estacas

As estacas permaneceram na casa de vegetação climatizada por 28 dias, momento em que foi verificado o enraizamento por meio da constatação de raízes na parte inferior dos tubetes. Ao serem retiradas, as estacas foram levadas para a casa de sombra e, aos 43 dias, levadas para a área a pleno sol.

Ao longo do período de produção das mudas, foram quantificados os percentuais de estacas com raízes maiores que 10 cm (estacas com raízes saindo pela base do tubete) e de sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação, os percentuais de estacas com raízes maiores que 10 cm e de sobrevivência das estacas na saída da casa de sombra. Aos 65 dias de idade, avaliou-se a sobrevivência das mudas obtidas.

A partir dos dados obtidos para as características avaliadas, foram realizadas as análises de variância de acordo com as mesmas metodologias descritas anteriormente.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Resgate das matrizes

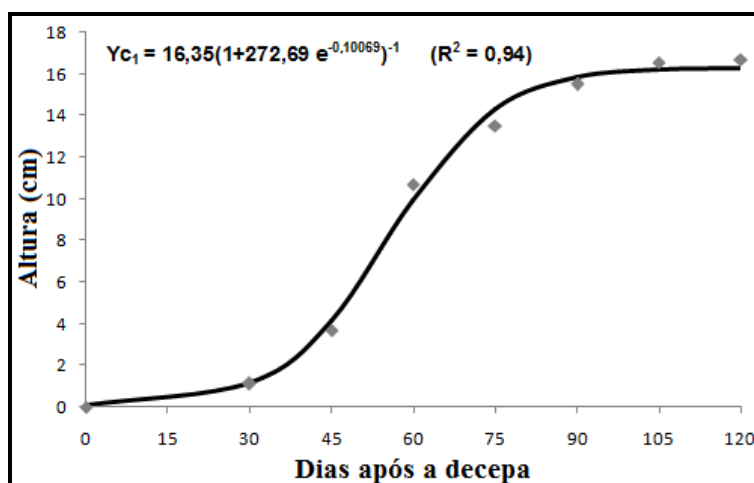
Os primeiros sinais da ocorrência de brotações foram observados aos 25 dias após o corte das matrizes, por meio da diferenciação de gemas crescendo sobre a superfície das raízes expostas (Figura 13A). Novas brotações surgiram até 50 dias.



**Figura 13** Brotações de candeia: A) brotações aos 25 dias após o corte das matrizes; B) brotações de raízes expostas por meio do tratamento de escarificação; C) brotações ao longo da cepa remanescente.

Desde o início do aparecimento de brotações, observou-se que a maioria dos brotos se originava a partir das raízes que haviam sido expostas por meio do tratamento de escarificação (Figura 13B). No entanto, brotações também surgiram ao longo da cepa (Figura 13C), porém em número menor.

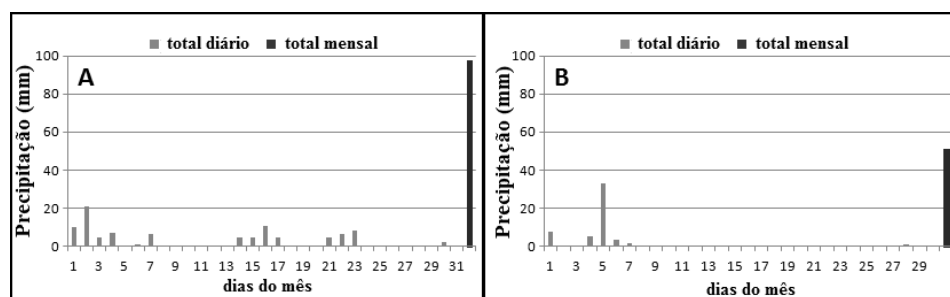
Pelo acompanhamento do tamanho das maiores brotações por cepa, foi possível verificar que as brotações apresentaram maiores taxas de crescimento entre os 30 e 60 dias após a realização do corte das árvores selecionadas. No entanto, após 90 dias da decepa das árvores, o crescimento das brotações em altura se estabilizou (Figura 14), mostrando que após esta data já seria recomendável a coleta das brotações para a confecção das estacas.



**Figura 14** Altura média das maiores brotações por cepa, ao longo de 120 dias após a decepa das árvores de candeia selecionadas.

A estabilização no crescimento das brotações pode ter se dado devido a inúmeros fatores. Um dos motivos é em relação à quantidade de brotos por cepa, o que faz com que a demanda nutricional e por água aumentem à medida que aumenta o tamanho de cada broto. Para eucalipto, Andrade (1961) diz que cada cepa apresenta um número de brotos muito superior àquele que pode e deve suportar e, segundo Paiva (1983), quanto maior o número de brotos, ao longo do tempo, menores serão seus diâmetros e alturas.

Ainda com relação à estabilização no crescimento dos brotos, outro fator que pode ter influenciado é o suprimento de água no solo, uma vez que a redução no crescimento dos brotos coincidiu com a redução nos níveis pluviométricos a partir de meados do mês de março de 2010 (Figura 15). Balloni, Simões e Silva (1978) citam que as épocas mais adequadas para a condução das brotações seriam aquelas em que há um suprimento adequado de água no solo.



**Figura 15** Precipitação diária e mensal dos meses de março (A) e abril (B) de 2010, na cidade de Lavras, MG.

Ao comparar a precipitação total na cidade de Lavras, nos meses de março e abril de 2010, com a média histórica nesta cidade para estes respectivos meses, é possível verificar que choveu abaixo da média esperada. Enquanto em março e abril de 2010 choveu, respectivamente, 98 mm e 51 mm (Figura 16), a média histórica para estes meses é de, aproximadamente, 190 mm para o mês de março e 175 mm para o mês de abril (BRASIL, 1992).

Aliado a isso, como a candeia apresenta a característica de possuir raízes mais superficiais e ter sido nestas raízes que ocorreu grande parte das brotações, a falta de água no solo pode ter sido mais significativa para as brotações. De acordo com Reis e Kimmins (1986), é de se esperar que durante o período de seca ocorra prejuízos às raízes, devido a estas estarem mais próximas da superfície do solo.

Com relação ao número de brotações por cepa, de acordo com a análise estatística, verificou-se que houve diferença significativa apenas para o fator escarificação do solo (Tabela 26). Desta forma, para a candeia, não se justifica cortar a árvore selecionada a maiores alturas em relação à superfície do solo com o intuito de obter maior quantidade de brotos.

**Tabela 26** Resultados da ANAVA referente ao número de brotações em árvores selecionadas de candeia, aos 60 dias após a decepa

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Número de Brotações de Raiz	Número de Brotações da Cepa	Número total de Brotações
Bloco	2	13,08 <sup>ns</sup>	12,97 <sup>ns</sup>	32,12 <sup>ns</sup>
Escarificação	1	418,64 <sup>*</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	343,41 <sup>*</sup>
Altura	3	12,73 <sup>ns</sup>	3,83 <sup>ns</sup>	15,84 <sup>ns</sup>
Esc. x Alt.	3	4,10 <sup>ns</sup>	7,19 <sup>ns</sup>	5,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	12,93	3,85	12,56
TOTAL	23			

G.L. = Graus de Liberdade; “ns” e “\*” = não-significativo e significativo, respectivamente, a 5 % de probabilidade, pelo teste F.

Ao analisar o número de brotações obtidas das matrizes que foram submetidas à técnica tradicional de resgate (decepa), foi possível conseguir em média 25 brotações por matriz, totalizando 300 brotações, dentre as quais, 192 se originaram de raízes naturalmente expostas e 108 ao longo das cepas remanescentes (Tabela 27).

**Tabela 27** Número médio de brotações por matriz de *Eremanthus erythropappus*, em função da origem das brotações e dos tratamentos testados.

TRATAMENTO	Origem das Brotações		Total de brotações
	Raiz	Cepa	
Sem escarificação	16 a	9 a	25 a
Com escarificação	140 b	7 a	147 b

Letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Quando avaliadas as árvores selecionadas submetidas à decepa e escarificação do solo, foram obtidas, em média, 147 brotações por matriz, num total de 1764 brotações (1680 originadas de raízes expostas pela escarificação e 84 ao longo da cepa remanescente), evidenciando que a decepa aliada à escarificação é uma técnica eficiente de resgate em matrizes selecionadas de *Eremanthus erythropappus* (Figura 16A).



**Figura 16** Árvores de candeia, selecionadas e submetidas a decepa. A: grande número de brotações oriundas de raízes em cepa após a escarificação do solo; B: raízes naturalmente expostas em cepas de candeia.

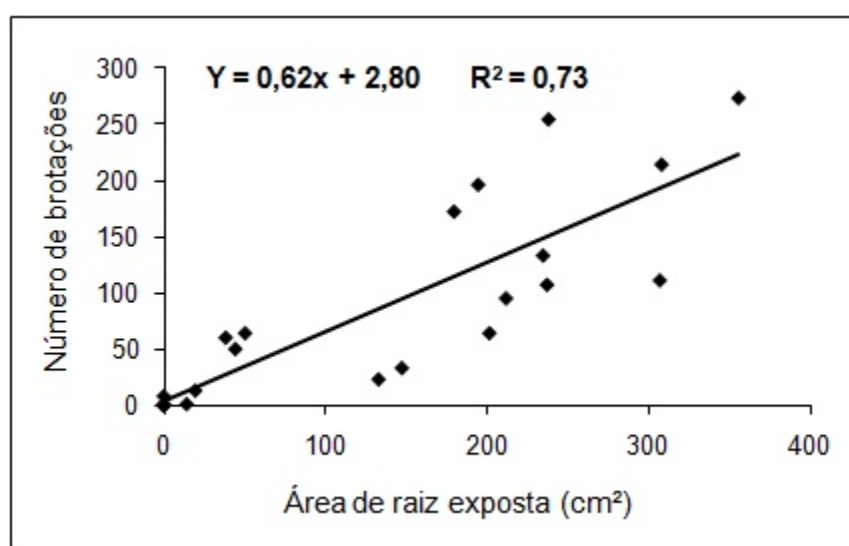
Com relação às raízes naturalmente expostas, Rezende (2007) observou que a maioria das brotações obtidas após o corte das árvores de um candeal nativo no município de Aiuruoca, sul de Minas Gerais, era originada de raízes, que naturalmente se encontravam expostas pelo fato de o solo ser, naquele local, mais raso. Neste trabalho, conforme já citado anteriormente, algumas árvores também apresentaram esta característica (Figura 16B).

Outras espécies apresentam capacidade de regeneração a partir da brotação de raízes. Neves e Carpanezi (2009) comentam que o nim (*Azadirachta indica*) regenera-se tanto por sementes, como por brotações de raízes. Ferreira (2008) e Lima (2007) salientam que o bacurizeiro (*Platonia insignis*) apresenta uma notável capacidade de regeneração natural por brotações oriundas de raízes de plantas adultas, mesmo após a derrubada da planta-mãe, possibilitando o manejo de povoamentos clonais.

Pelos resultados encontrados poder-se-ia sugerir que a escarificação do solo para exposição das raízes fosse suficiente para induzir brotações nas matrizes selecionadas, sem a necessidade de decepa. No entanto, isto não ocorre, uma vez que matrizes com raízes expostas naturalmente só apresentaram brotações depois que foram decepadas.



Quando foi realizada a escarificação do solo, não foi possível conseguir a mesma área de raiz exposta em todas as matrizes, devido ao fato de cada planta apresentar, naturalmente, uma distribuição do seu sistema radicular. Contudo, sempre que possível, deve-se buscar expor ao máximo as raízes das plantas selecionadas, pois quanto maior a área de exposição, maior será o número de brotos emitidos (Figura 17).



**Figura 17** Número de brotações originadas de raízes, em função da área de raiz exposta.

A utilização da técnica de escarificação para obtenção de propágulos para o processo de resgate de matrizes selecionadas, poderia também ser utilizada em planos de manejo de candeais nativos com o propósito de conduzir o povoamento por meio da talhadia, conforme estudado em *Platonia insignis* (FERREIRA, 2008).

A maioria dos planos de manejo existentes para a espécie *Eremanthus erythropappus* têm sido implementados por meio da utilização do sistema de árvores porta-sementes. Segundo Scolforo et al. (2008), o sistema baseia-se no

corte das árvores e condução da regeneração a partir de sementes advindas de árvores remanescentes.

No sistema de árvores porta-sementes adotado para a candeia, é realizada a escarificação do solo a fim de facilitar a germinação das sementes e sobrevivência das plântulas (SCOLFORO et al., 2008), facilitando, concomitantemente, a brotação das cepas a partir das raízes que são expostas. Atualmente, toda a regeneração é considerada como obtida da germinação de sementes, sem levar em consideração o potencial que a espécie apresenta em brotar por meio de raízes, quando estas estão ou são expostas naturalmente. Portanto, toda a regeneração tem sido considerada como obtida a partir da germinação de sementes.

Desta forma, estudos referentes à brotação de cepas de candeia em campo, após a colheita da madeira, devem ser intensificados. Se a regeneração por meio da brotação das cepas ocorrer naturalmente ou por meio de métodos que a facilitem, tais como a escarificação do solo, a condução da regeneração de candeia pelo sistema de talhadia poderá ser iniciada.

Segundo Freitas et al. (1978), o desenvolvimento inicial da brotação, ainda que de baixa qualidade, é mais rápido do que as mudas, visto que estas necessitam de um tempo para desenvolverem seu sistema radicular. Outro fato que torna o desenvolvimento das brotações mais rápido quando comparado às mudas é a questão das brotações originarem-se graças a uma série de reações que se iniciam após o corte da árvore, por meio da utilização de reservas contidas nas raízes e cepa remanescente, tendo a sua disposição uma quantidade razoável de hidratos de carbono (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979).

### 3.2 Enraizamento de estacas

A formação das raízes foi observada a partir do 20º dia, as quais já podiam ser vistas na parte inferior de alguns tubetes.

Com base na análise dos dados, verificou-se que apenas o tipo de estaca interferiu significativamente em todas as características avaliadas (Tabela 28), sendo que estacas confeccionadas a partir da parte basal das brotações apresentaram os menores percentuais de enraizamento e, conseqüentemente, de sobrevivência. Desta forma, não houve efeito da aplicação de AIB na base das estacas com relação à melhoria nos percentuais de enraizamento e sobrevivência de estacas de candeia, para as doses de até 1.600 mg.kg<sup>-1</sup>.

Pelos resultados, nota-se que estacas apicais de candeia formam o sistema radicular mais rapidamente do que estacas retiradas da base de brotações. Aos 43 dias após o estaqueamento, aproximadamente 36% das estacas apicais já apresentavam raízes saindo pela base inferior do tubete, enquanto nas estacas basais, este valor era inferior a 1%.

**Tabela 28** Valores médios para enraizamento e sobrevivência de estacas de candeia, em função do tipo de estaca confeccionada.

Tipo de Estaca	Características avaliadas				
	ECV10 (%)	SCV (%)	ECS10 (%)	SCS (%)	S65 (%)
<b>Basal</b>	0,61 a	89,09 a	0,61 a	76,97 a	69,70 a
<b>Apical 1</b>	18,79 b	100,00 b	35,15 b	98,79 b	98,18 b
<b>Apical 2</b>	23,03 b	99,39 b	38,18 b	99,39 b	98,79 b

ECV10: percentual de estacas com raízes maiores que 10 cm na saída da casa de vegetação; SCV: percentual de sobrevivência das estacas na saída da casa de vegetação; ECS10: percentual de estacas com raízes maiores que 10 cm na saída da casa de sombra; SCS: percentual de sobrevivência das estacas na saída da casa de sombra; S65: percentual de sobrevivência de mudas aos 65 dias de idade. Letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes são encontrados em Alfenas et al. (2004) e Xavier, Wendling e Silva (2009), os quais relatam que, em eucalipto, estacas

apicais contendo dois pares de folhas enraízam melhor e mais precocemente que estacas basais com um par de folhas. Segundo os mesmos autores, isto ocorre porque as folhas, especialmente as mais novas e as gemas, constituem fontes de carboidratos, reguladores de crescimento e outros compostos essenciais para a rizogênese.

Os dois tipos de estacas que foram confeccionados a partir da parte apical das brotações apresentaram, em média, 98% de sobrevivência aos 65 dias após o estaqueamento, valor semelhante aos maiores valores percentuais de sobrevivência encontrados para clones comerciais de eucalipto no Brasil (FERREIRA et al., 2004; MELO et al., 2011; TITON et al., 2003) e superior ao encontrado para estacas do tipo Basal que apresentaram em média 70% de sobrevivência.

Durante o período compreendido entre a saída das estacas da casa de vegetação e a avaliação aos 65 dias após o estaqueamento, a sobrevivência das estacas basais caiu de 89% para aproximadamente 70%. Assim, como concluído por Ferreira et al. (2004) e Melo et al. (2011) ao estudarem o enraizamento de diferentes clones de eucalipto, isto pode ser um indício de que, para o completo enraizamento de estacas basais de candeia, seja necessária a permanência das estacas na casa de vegetação por tempo superior aos 28 dias.

Mesmo com percentuais de sobrevivência significativamente inferiores aos obtidos pelas estacas apicais, a preparação e estaqueamento de estacas basais de candeia é uma alternativa atraente para a clonagem da espécie, principalmente quando o objetivo é resgate de material genético selecionado.

#### 4 CONCLUSÕES

A decepa, independente da altura, seguida da escarificação do solo no entorno da cepa contribui para a produção de brotações, mostrando ser uma técnica eficiente para o resgate de matrizes selecionadas de *Eremanthus erythropappus*.

As estacas de candeia confeccionadas a partir das brotações produzidas pelo método de resgate supracitado, quando estaqueadas em casa de vegetação climatizada, apresentaram um elevado percentual de enraizamento independente da utilização de AIB, mesmo no caso de estacas basais.

Desta forma, a fim de facilitar a propagação vegetativa de indivíduos adultos da espécie *Eremanthus erythropappus*, deve-se proceder à decepa das plantas, seguida da escarificação do solo e estaqueamento dos propágulos confeccionados a partir das brotações produzidas após a decepa.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, G. B. **Influência do esterco bovino na produção de mudas de *Eremanthus erythropappus* (candeia)**. 2008. 33 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 2004. 442 p.
- ANDRADE, E. N. **O eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Companhia Paulista de Estrada de Ferro, 1961. 667 p.
- ASSIS, T. F. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.
- ASSIS, T. F.; TEIXEIRA, S. L. Enraizamento de plantas lenhosas. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. (Ed.). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA-SPI; EMBRAPA-CNPQ, 1998. v. 1, p. 261-296.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W.; SILVA, A. P. Condução de touças de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3., 1978, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBS, 1978. v. 2, p. 87-89.
- BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 237 p.
- BRAGA, E. A. **Substratos e fertilização na produção de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeisch. em tubetes**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.
- CRESSWELL, R. J.; FOSSARD, R. A. Organ culture of *Eucalyptus grandis*. **Australian Forestry**, Yarralumla, v. 37, n. 1, p. 54-69, 1974.
- DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; SILVA, E. A. A. Improvement to the physical quality and imbibition pattern in seeds of candeia (*Eremanthus incanus* (Less.) Less.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 321-326, jul./set. 2011.

ESTOPA, R. A. et al Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 70, p. 97-106, abr. 2006.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SisVar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.

FERREIRA, E. M. et al. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 2, p. 183-187, mar./abr. 2004.

FERREIRA, M. S. G. **Manejo da espécie *Platonia insignis* Mart - Bacurizeiro, em florestas secundárias da Amazônia Oriental**: proposta para uma produção sustentável. 2008. 246 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

FREITAS, M. et al. Manejo de eucaliptais para rotações sucessivas. **Boletim Informativo do IPEF**, Piracicaba, v. 6, n. 19, p. 3, 1978.

GALDINO, A. P. P. et al. Estudo sobre o rendimento e qualidade do óleo de candeia (*Eremanthus* spp) e a diferença das diferentes origens comerciais de sua madeira. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 4, p. 44-46, out./dez. 2006.

GEORGE, E. F. **Plant propagation by tissue culture**: the technology. 6<sup>th</sup> ed. England: Exegetics, 1993. 574 p.

GOES, E. **Os eucaliptos**: ecologia, cultura, produções e rentabilidade. Lisboa: Portucel, 1977. 366 p.

GONÇALVES, A. N. **Reversão à juvenilidade e clonagem de *Eucalyptus urophylla* S. T. *in vitro***. 1982. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1982.

GOULART, P. B. **Desenvolvimento de metodologia para enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC.) MacLeish**. 2003. 32 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 7<sup>th</sup> ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880 p.

HIGA, R. C. V.; STURION, J. A. Avaliação da brotação de treze espécies de *Eucalyptus* na região de Uberaba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 22/23, p. 79-86, 1991.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V. A.; GONÇALVES, A. N. **Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil**. Piracicaba: IPEF/ESALQ/USP, 2000. 10 p. (Circular Técnica, 192).

KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI, T. T. **Physiology of wood plants**. New York: Academic, 1979. 811 p.

LIMA, M. C. **Bacuri (*Platonia insignis* Mart.-Clusiaceae): agrobiodiversidade**. São Luís: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, 2007. 210 p.

MALAVASI, U. C. Macropropagação vegetativa de coníferas: perspectivas biológicas e operacionais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 1, n. 1, p. 131-135, 1994.

MELO, L. A. et al. Otimização do tempo de enraizamento de miniestacas de clones híbridos de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 2, n. 4, p. 759-767, jul./ago. 2011.

NEVES, E. J. M.; CARPANEZZI, A. A. **Prospecção do cultivo do nim (*Azadirachta indica*) no Brasil**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2009. 34 p.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN FILHO, M. Ecologia da vegetação do parque florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 51-64, jul./dez. 1999.

PAIVA, H. N. **Influência das idades de corte e de desbrota e do número de brotos sobre o desenvolvimento da brotação de cepas de *Eucalyptus* spp.** 1983. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

PAULA, T. A. et al. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus* spp. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. 1 CD-ROM.



PEREIRA, A. A. S. **Nutrição e adubação de candeia**. 1998. 22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

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.

PÉREZ, J. F. M. et al. Sistema de manejo para a candeia - *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish - a opção do sistema de corte seletivo. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 257-273, jul./dez. 2004.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P. Importância do sistema radicular no crescimento inicial de brotos de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 10, n. 2, p. 196-201, abr./jun. 1986.

REZENDE, A. A. **Enraizamento de estacas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

ROSAL, L. F. **Germinação, indução de calos, micropropagação e anatomia foliar da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish)**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

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

\_\_\_\_\_. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***: relatório técnico científico. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p.

SILVA, A. C. et al. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 609-617, jul./ago. 2007.

SILVA, A. P. **Estudo do comportamento da brotação de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden a nível de progênies de polinização livre**. 1983. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1983.

SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SIQUEIRA, F. F. **Efeito de substratos contendo diferentes adubações na semeadura direta de candeia (*Eremanthus erythropappus*)**. 2008. 54 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, 2008.

TEIXEIRA, E. F.; CICERO, S. M.; DOURADO NETO, D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 2, p. 159-167, maio/ago. 2006.

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.

TITON, M. et al. Eficiência das minicepas e microcepas na produção de propágulos de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 619-625, set./out. 2003.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 114-121, jan./fev. 2006.

VENTURIN, N. et al. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, p. 211-219, maio/ago. 2005.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: UFV, 2009. 272 p.

**APÊNDICE A** Intervalos de confiança das 116 progênes do teste de procedências/progênes de *Eremanthus erythropappus*, com base nos valores genotípicos preditos das famílias, em conjunto com a estimativa “SEP”

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>Procedência</b>	<b>u + g</b>	<b>LIIC</b>	<b>LSIC</b>
1	32	E	3,7962	3,4773	4,1151
2	110	B	3,7682	3,4493	4,0871
3	6	A	3,7150	3,3961	4,0339
4	22	E	3,7058	3,3869	4,0247
5	14	A	3,6993	3,3804	4,0182
6	102	B	3,6822	3,3633	4,0011
7	115	B	3,6776	3,3587	3,9965
8	10	A	3,6765	3,3576	3,9954
9	107	B	3,6417	3,3228	3,9606
10	93	C	3,6387	3,3198	3,9576
11	3	D	3,6289	3,3100	3,9478
12	8	A	3,6204	3,3015	3,9393
13	54	A	3,6060	3,2871	3,9249
14	79	D	3,5984	3,2795	3,9173
15	33	C	3,5955	3,2766	3,9144
16	94	E	3,5820	3,2631	3,9009
17	64	B	3,5802	3,2613	3,8991
18	91	D	3,5793	3,2604	3,8982
19	86	C	3,5648	3,2459	3,8837
20	23	C	3,5609	3,2420	3,8798
21	85	E	3,5608	3,2419	3,8797
22	100	C	3,5441	3,2252	3,8630
23	66	B	3,5412	3,2223	3,8601
24	55	D	3,5238	3,2049	3,8427
25	4	D	3,5195	3,2006	3,8384
26	25	A	3,5166	3,1977	3,8355
27	7	E	3,5160	3,1971	3,8349
28	111	A	3,4929	3,1740	3,8118
29	9	B	3,4925	3,1736	3,8114

...continuação Apêndice A

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>Procedência</b>	<b>u + g</b>	<b>LIIC</b>	<b>LSIC</b>
30	53	A	3,4902	3,1713	3,8091
31	106	D	3,4855	3,1666	3,8044
32	20	B	3,4853	3,1664	3,8042
33	27	A	3,4821	3,1632	3,8010
34	5	E	3,4723	3,1534	3,7912
35	16	A	3,4707	3,1518	3,7896
36	39	A	3,4696	3,1507	3,7885
37	82	E	3,4614	3,1425	3,7803
38	116	C	3,4594	3,1405	3,7783
39	78	B	3,4539	3,1350	3,7728
40	74	C	3,4530	3,1341	3,7719
41	38	C	3,4530	3,1341	3,7719
42	98	E	3,4518	3,1329	3,7707
43	40	B	3,4438	3,1249	3,7627
44	42	E	3,4311	3,1122	3,7500
45	56	E	3,4293	3,1104	3,7482
46	44	D	3,4261	3,1072	3,7450
47	96	E	3,4208	3,1019	3,7397
48	36	B	3,4197	3,1008	3,7386
49	24	E	3,4115	3,0926	3,7304
50	92	E	3,4066	3,0877	3,7255
51	15	C	3,4045	3,0856	3,7234
52	88	A	3,3999	3,0810	3,7188
53	99	C	3,3991	3,0802	3,7180
54	11	B	3,3958	3,0769	3,7147
55	37	A	3,3937	3,0748	3,7126
56	103	E	3,3915	3,0726	3,7104
57	47	B	3,3900	3,0711	3,7089
58	2	D	3,3846	3,0657	3,7035
59	76	A	3,3825	3,0636	3,7014
60	62	C	3,3770	3,0581	3,6959

...continuação Apêndice A

<b>Ordem</b>	<b>Progênie</b>	<b>Procedência</b>	<b>u + g</b>	<b>LIIC</b>	<b>LSIC</b>
61	89	D	3,3754	3,0565	3,6943
62	95	C	3,3742	3,0553	3,6931
63	50	B	3,3681	3,0492	3,6870
64	71	D	3,3644	3,0455	3,6833
65	90	C	3,3618	3,0429	3,6807
66	51	C	3,3550	3,0361	3,6739
67	34	D	3,3543	3,0354	3,6732
68	41	E	3,3503	3,0314	3,6692
69	70	E	3,3480	3,0291	3,6669
70	61	C	3,3477	3,0288	3,6666
71	80	D	3,3434	3,0245	3,6623
72	108	C	3,3431	3,0242	3,6620
73	105	B	3,3375	3,0186	3,6564
74	52	B	3,3305	3,0116	3,6494
75	29	D	3,3266	3,0077	3,6455
76	63	E	3,3228	3,0039	3,6417
77	21	D	3,3213	3,0024	3,6402
78	30	A	3,3204	3,0015	3,6393
79	112	E	3,3191	3,0002	3,6380
80	69	B	3,3186	2,9997	3,6375
81	67	D	3,3138	2,9949	3,6327
82	73	D	3,3106	2,9917	3,6295
83	104	C	3,3026	2,9837	3,6215
84	12	B	3,3009	2,9820	3,6198
85	28	A	3,3004	2,9815	3,6193
86	68	E	3,2897	2,9708	3,6086
87	60	D	3,2886	2,9697	3,6075
88	113	D	3,2871	2,9682	3,6060
89	57	B	3,2866	2,9677	3,6055
90	75	D	3,2858	2,9669	3,6047
91	43	C	3,2854	2,9665	3,6043

...continuação Apêndice A

Ordem	Progênie	Procedência	$u + g$	LIIC	LSIC
92	31	E	3,2852	2,9663	3,6041
93	83	E	3,2827	2,9638	3,6016
94	65	C	3,2827	2,9638	3,6016
95	77	D	3,2721	2,9532	3,5910
96	84	C	3,2524	2,9335	3,5713
97	114	C	3,2522	2,9333	3,5711
98	26	B	3,2464	2,9275	3,5653
99	87	E	3,2434	2,9245	3,5623
100	48	C	3,2386	2,9197	3,5575
101	58	D	3,2319	2,9130	3,5508
102	59	D	3,2317	2,9128	3,5506
103	109	D	3,2285	2,9096	3,5474
104	45	B	3,1964	2,8775	3,5153
105	35	E	3,1927	2,8738	3,5116
106	101	E	3,1911	2,8722	3,5100
107	72	B	3,1911	2,8722	3,5100
108	46	C	3,1854	2,8665	3,5043
109	81	D	3,1807	2,8618	3,4996
110	49	C	3,1370	2,8181	3,4559
111	97	B	3,1278	2,8089	3,4467
112	1	A	3,0923	2,7734	3,4112
113	13	A	3,0838	2,7649	3,4027
114	18	A	3,0700	2,7511	3,3889
115	19	A	3,0384	2,7195	3,3573
116	17	A	2,9602	2,6413	3,2791

Procedências – A: Morro do Pilar, B: Itabirito; C: Carrancas; D: Baependi; E: Delfim Moreira.

$(u + g)$ : valores genotípicos preditos; LIIC e LSIC: limite inferior e superior do intervalo de confiança, respectivamente;  $LIIC = (u + g) - t SEP$ ;  $LSIC = (u + g) + t SEP$ , em que  $t = 1,96$  (tabelado) e  $SEP = 0,1627$  para este experimento. Progênies seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna, não apresentam sobreposição de intervalos de confiança.