



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

**RANDER LÓSS MARINOT**

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO APLICADAS À SELEÇÃO DA  
CANDEIA (*EREMANTHUS ERYTHROPAPPUS* (DC.) MCLEISCH).**

Prof. LUCAS AMARAL DE MELO  
Orientador

Seropédica - RJ  
Novembro - 2011



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

**RANDER LÓSS MARINOT**

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO APLICADAS À SELEÇÃO DA  
CANDEIA (*EREMANTHUS ERYTHROPAPPUS* (DC.) MCLEISCH).**

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

Prof<sup>o</sup> Msc. Lucas Amaral de Melo  
Orientador

Seropédica-RJ  
Novembro - 2011

**CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO APLICADAS À SELEÇÃO DA  
CANDEIA (*EREMANTHUS ERYTHROPAPPUS* (DC.) MCLEISCH).**

Comissão examinadora:

Monografia aprovada em 25 de novembro de 2011.

Prof. Msc. Lucas Amaral de Melo

UFRRJ/IF/DS

Orientador

Prof. Dr. Paulo Sérgio dos Santos Leles

UFRRJ/IF/DS

Membro

Prof. Dr. Rogério Luiz da Silva

UFRRJ/IF/DS

Membro

## **DEDICATÓRIA**

A todos que acreditaram, confiaram e me deram força para  
o desenvolvimento deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por mais uma conquista.

À UFRRJ, pelo enriquecimento científico e cultural.

Ao Professor Lucas Amaral de Melo, pela orientação e momentos de bom humor.

Aos professores da comissão examinadora, Paulo Sérgio dos Santos Leles e Rogério Luiz da Silva, pela análise construtiva do trabalho.

Aos meus pais, Wiliam e Helenir que sempre me apoiaram e contribuíram para que eu estivesse aqui.

Aos meus irmãos, em especial o Samiris que sempre me deu força.

Aos meus avós, pelo carinho e ensinamentos da vida.

Aos meus tios, que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus primos, pelo apoio e companheirismo.

Aos grandes amigos do Alojamento, em especial o quarto M1-131 pelo acolhimento e companheirismo.

À turma 2007 – I pelos grandes momentos vividos nesses cinco anos.

## RESUMO

Objetivou-se verificar a influência de diferentes características de crescimento na seleção da candeia para seis diferentes níveis de seleção, sendo eles: 100% do material genético selecionado, 50%, 25%, 12,5%, 6,25% e 3,13%. Para isso, utilizaram-se dados coletados em um povoamento de candeia, implantado em janeiro de 2005. A seleção dos indivíduos a partir do volume obtido por meio da cubagem rigorosa de 84 árvores do povoamento foi utilizada como referência para comparar com as seleções obtidas a partir de outras características de crescimento, assim como para as seleções utilizando dados de volume obtidos por outros métodos. De acordo com as análises, e dependendo do objetivo do melhoramento, certas características de crescimento são mais eficientes de serem utilizadas na seleção dos melhores indivíduos, quando comparadas ao volume real obtido pela cubagem. Se o objetivo do melhoramento for obter árvores com o máximo de volume total, incluindo fuste principal e galhos, a seleção de material genético superior deve ser feita com a utilização de equação de dupla entrada (DAP quadrático e altura) obtida para candeia plantada, uma vez que até o momento os plantios de candeia apresentam árvores com inúmeros fustes.

**Palavras Chaves:** Volume, diâmetro quadrático, melhoramento florestal.

## ABSTRACT

The objective of this study was evaluate the influence of different growth characteristics in the selection of candeia to six different levels of selection: 100% of selected genetic material, 50%, 25%, 12.5%, 6.25% and 3.13%. For this, we used data collected in a stand of candeia, planted in January 2005. The selection of individuals from the volume obtained by the scaling of 84 trees on the stand was used as a reference to compare with the selections obtained from other growth characteristics, as well as selections using volume data obtained by other methods. According to the analysis, and depending on the intention of improvement certain characteristics of growth are more efficient to be used in selecting the best individuals, compared to the actual volume obtained by scaling. If the objective of improvement is to obtain trees with maximum total volume, including the main trunk and branches, the selection of superior genetic material must be made with the use of double-entry equation (Diameter at breast height (DAP) squared and height) obtained for candeia planted, as at this time the candeia plantations have trees with multiple stems.

**Key-words:** Volume, diameter squared, forest improvement.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Candeia.....	2
2.2 Melhoramento Florestal .....	3
2.3 Diâmetro .....	4
2.4 Altura.....	5
2.5 Volume de madeira .....	5
2.5.1 Cubagem rigorosa .....	5
2.5.2 Fator de Forma .....	6
2.5.3 Equações volumétricas.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3.1 Descrição do Experimento .....	8
3.2 Diâmetro e Diâmetro quadrático .....	9
3.3 Altura.....	10
3.4 Fator de Forma médio.....	10
3.5 Equações Volumétricas .....	10
3.6 Análise dos dados.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1 Definição da equação de volume pelo modelo de Husch.....	12
4.2 Modelos de estimativa volumétrica.....	12
4.3 Fator de Forma médio.....	14
4.4 Características de crescimento .....	15
4.5 Seleção com base no ranqueamento simples.....	16
5. CONCLUSÃO .....	18
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Candeal nativo de *Eremanthus erythropappus* (Município de Delfim Moreira – MG). Fonte: Scolforo *et al.* (2008). ..... 2
- Figura 2:** Correlação entre o volume real e o volume estimado com equação de dupla entrada (DAP e altura), a partir de uma equação obtida em plantio de candeia (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático), em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG..... 13
- Figura 3:** Correlação entre o volume real total e o volume estimado com equação de dupla entrada (DAP e altura) a partir de uma equação obtida em candeal nativo (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático) em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG..... 14
- Figura 4:** Correlação entre o volume real e o volume estimado com equação de uma entrada (DAP) a partir de uma equação obtida em plantio de candeia, (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático) em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG..... 14
- Figura 5:** Correlação entre o volume real e o volume estimado com o Fator de Forma médio de *Eremanthus erythropappus* (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático) em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG. .... 15
- Figura 6:** Correlações entre o volume real e as características silviculturais: altura total (A); DAP do fuste principal (B); DAP quadrático (C) das árvores de *E. erythropappus*, em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG.... 15
- Figura 7:** Percentual de coincidência entre as árvores de candeia selecionadas por meio do volume estimado: Equação de candeia plantada utilizando DAP fuste principal (A) e DAP quadrático (B); Equação de candeia nativa utilizando DAP fuste principal (C) e DAP quadrático (D); Fator de Forma médio utilizando DAP fuste principal (E) e DAP quadrático (F). ..... 17

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Fórmulas para o cálculo de volume de madeira através de métodos absolutos .....	6
<b>Tabela 2:</b> Modelos volumétricos de simples entrada utilizados na área florestal .....	7
<b>Tabela 3:</b> Modelos volumétricos de dupla entrada utilizados na área florestal.....	8
<b>Tabela 4:</b> Equações para estimativa do volume de madeira.....	11
<b>Tabela 5:</b> Equação para estimativa do volume de madeira .....	12

# 1. INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e a demanda cada vez maior por produtos nas últimas décadas, tem ocorrido uma maior exploração por recursos naturais, como os florestais. Dentre as espécies florestais exploradas, destaca-se a candeia (*Eremanthus erythropappus*), a qual apresenta papel importante para a economia em propriedades rurais devido aos seus múltiplos usos, sendo utilizada como moirão de cerca, pela sua alta durabilidade natural e também como produtora de óleo que possui o princípio ativo alfabisabolol com propriedades farmacológicas utilizadas na indústria de cosméticos. No entanto, o consumo dos produtos e corte descontrolado desta espécie, sem a devida reposição, levou a uma redução significativa em seu estoque nas áreas de ocorrência natural, causando danos ambientais, por se tratar de árvores que ocorrem em maciços florestais, em áreas de altitude, locais de abastecimento do lençol freático.

O manejo sustentável da candeia vem como uma alternativa de fazer frente à exploração predatória, além de atender à crescente demanda pelos produtos oferecidos pela espécie. O manejo é uma forma de contribuir para a manutenção e utilização de maneira adequada da cobertura florestal, favorecendo o desenvolvimento de técnicas de análises quantitativas para a seleção de materiais genéticos superiores. Com o manejo, é possível fornecer benefícios econômicos, ambientais e sociais na quantidade e na qualidade necessária, além de manter a diversidade genética, garantindo a sustentabilidade de uma floresta.

O pouco conhecimento do comportamento silvicultural da candeia, aliado às poucas informações sobre a magnitude da diversidade genética e distribuição espacial dos genótipos, levaram a investimentos na domesticação da mesma, visando seu manejo, desenvolvimento de sua silvicultura e busca por genótipos superiores em programas de melhoramento genético.

Devido à sua ampla ocorrência natural, principalmente na região sul de Minas Gerais, podem ocorrer altos níveis de variação entre e dentro de populações que, juntamente com outros parâmetros populacionais, necessitam ser quantificados para o estabelecimento de estratégias apropriadas de melhoramento genético e predições de ganhos decorrentes da seleção. Dentro deste contexto, os testes de procedência e progênes são de fundamental importância na identificação de genótipos superiores, predizendo o comportamento silvicultural da espécie. Nessa identificação, parâmetros como volume real obtido por meio da cubagem, assim como equações para a estimativa volumétrica, fatores de forma, o DAP e a altura são algumas das formas de se obter as características silviculturais de crescimento que permitem a aplicação de diferentes níveis de seleção em programas de melhoramento genético. Porém, para uma mesma árvore a característica utilizada em sua seleção poderá variar, conforme o objetivo do melhoramento. Além disso, algumas características se correlacionam mais com outras, o que permite ao silvicultor, utilizar aquela que seja eficaz e ao mesmo tempo eficiente.

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi verificar a influência de diferentes características de crescimento e formas de se obter tais características na seleção de materiais genéticos de candeia.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Candeia

A candeia (*Eremanthus erythropappus*) é classificada como da família Asteraceae, sendo considerada precursora na invasão de campos (CARVALHO, 1994). Esta espécie se desenvolve rapidamente em campos abertos, formando povoamentos mais ou menos puros (Figura 1). Isto também acontece dentro da floresta quando há alguma perturbação, pois é uma espécie heliófila, sendo beneficiada pela entrada de luz.

É uma árvore cuja altura varia de 2 a 10 m, podendo seu diâmetro atingir 35 cm (SCOLFORO *et al.*, 2002). O nome candeia deve-se à combustão da madeira e até mesmo das folhas, que produzem uma chama semelhante a das candeias, com luz clara e brilhante, não deixando quase resíduos, devido à presença de óleo essencial (ARAÚJO, 1944). O tronco desta árvore possui uma casca grossa e cheia de fendas no fuste e, nos galhos mais novos, a casca torna-se menos rústica. As folhas têm uma característica marcante, que é a dupla coloração. Na parte superior são verdes e glabras e na parte inferior possuem um tom branco, tomentoso e são aveludadas (CORRÊA, 1931). As folhas são simples, opostas com pilosidade cinérea (CHAVES & RAMALHO, 1996). As flores são hermafroditas e se apresentam em inflorescências de cor púrpura nas extremidades dos ramos (ARAÚJO, 1944). As características das folhas e da inflorescência facilitam a identificação da espécie mesmo à distância.



**Figura 1:** Candeal nativo de *Eremanthus erythropappus* (Município de Delfim Moreira – MG).  
**Fonte:** Scolforo *et al.* (2008).

As áreas de ocorrência natural da candeia localizam-se nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Goiás formando amplos agregados nos cerrados, campos e lugares devastados (ARAÚJO, 1944). A candeia é particularmente dispersa no estado de Minas Gerais, revestindo com rapidez os terrenos, sendo por isso aconselhável para o reflorestamento, quando este reclame efeito imediato (CORRÊA, 1931). É também recomendada para a recuperação de áreas degradadas (CETEC, 1994), por sua baixa exigência edáfica. Devido à alta demanda comercial de madeira da espécie, a domesticação inicial de *Eremanthus erythropappus* tem ocorrido, principalmente, na região sul de Minas Gerais. Uma característica interessante dessa espécie é seu desenvolvimento em sítios com solos pouco férteis, rasos e predominantemente, em áreas de campos de altitude, com esta variando entre 800 e 1.700 m. Enfim, a candeia se desenvolve em locais em que seria difícil a implantação de culturas agrícolas ou mesmo a implantação de alguma outra espécie florestal (SCOLFORO *et al.*, 2002).

É uma árvore de múltiplos usos, sendo utilizada como moirão de cerca pela sua durabilidade, e também pelo seu óleo essencial cujo princípio ativo é o alfabisabolol, que exibe propriedades antiflogísticas, antibacterianas, antimicóticas, dermatológicas e espasmódicas (TEIXEIRA *et al.*, 1996). Por causa destas propriedades o alfabisabolol é utilizado na fabricação de medicamentos e cosméticos, além de ser utilizado por sua ação como fixador (SCOLFORO *et al.*, 2002). Segundo Scolforo *et al.* (2008), os produtos obtidos da espécie *Eremanthus erythropappus* alcançam preços relativamente altos no mercado. Os produtores rurais pagam de R\$ 80,00 a R\$ 120,00 pela dúzia de moirões. Já as indústrias que extraem o óleo essencial pagam em torno R\$ 110,00 pelo metro estéreo de madeira colocada na beira da estrada. O óleo de candeia natural bruto e o alfabisabolol são comercializados nos mercados nacional e internacional, por US\$ 40 e US\$ 90 por quilo, respectivamente.

Em experimento instalado em Carrancas, MG, objetivou-se avaliar o crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas (SILVA, 2009). Neste trabalho, o autor concluiu que as podas reduzem o número de fustes, deixando-os mais cilíndricos e com maiores valores de DAP. Verificou também que, escolhendo o espaçamento em função da área da copa, é possível alcançar um diâmetro desejado devido a correlação entre os dois últimos parâmetros.

No entanto, os estudos com a espécie e os plantios realizados até o momento têm sido feitos com material não selecionado. Segundo Scolforo *et al.* (2008), até o momento não existem procedências, progênies ou clones testados para a candeia que possam ser indicados para plantio em determinados ambientes ou regiões, já que os experimentos implantados para tal, ainda não estavam no estágio de serem avaliados. Portanto é necessária a prática do melhoramento genético em *Eremanthus erythropappus* para a obtenção de materiais genéticos superiores, satisfazendo interesses comerciais e ambientais, além de servir como base para futuras produções científicas.

## **2.2 Melhoramento Florestal**

Com o melhoramento florestal é possível aumentar a produtividade e a qualidade da madeira a cada ciclo de seleção, sem o comprometimento da base genética da população. O correto emprego de material genético para a seleção e o uso de técnicas apropriadas de melhoramento são, assim, formas eficazes para a obtenção de ganhos crescentes de produtividade, principalmente para espécies no início de domesticação (JÚNIOR *et al.*, 2005; KAGEYAMA, 1980).

O melhoramento baseia-se na existência de variação genética entre e dentro de espécies, procedências e progênies (SILVA, 2003). Essa variabilidade permite a seleção de melhores genótipos em produção de biomassa, por exemplo. Freitas (2001) estudando a variabilidade genética da candeia verificou que os maiores níveis de diversidade genética entre os indivíduos ocorreram dentro das populações. A estimação da variação genética e

outros parâmetros genéticos é necessária para a escolha da melhor e mais viável estratégia de melhoramento genético (KAGEYAMA, 1980).

Segundo Davide *et al.* (1995), na seleção fenotípica, que é aquela baseada nas características visíveis ou mensuráveis de um indivíduo produzidas pela interação entre genes e ambiente, as árvores matrizes devem apresentar características típicas da espécie alvo, serem vigorosas, apresentar boas condições fitossanitárias, possuírem copa pequena, ramos finos com ângulo de inserção próximos de 90 graus, boa desrama natural, tronco cilíndrico, e constituírem-se em boas produtoras de sementes em várias colheitas. Sebbenn (2008) estimando parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e a seleção de *Pinus elliottii*, verificou correlações fenotípicas e genéticas entre DAP e altura, sugerindo que a seleção de progênies com maiores médias de DAP pode indiretamente garantir a seleção de progênies com maiores alturas. Desta forma, levando em consideração a maior precisão e facilidade de mensuração do DAP, a seleção deveria ser realizada conforme esse parâmetro. Como as árvores de candeia ocorrem de maneira agregada, para a obtenção de sementes, deve-se selecionar árvores com copas que estejam dominando suas vizinhas (SCOLFORO *et al.*, 2002).

As seleções com base em teste de progênies são mais eficientes do que aquelas realizadas com base apenas no valor fenotípico das plantas individuais (PAIVA *et al.*, 2002). Maior sucesso nas seleções genéticas pode ser alcançado quando estas são conduzidas em unidades de estudo constituídas por amplas populações, ou seja, grupos maiores de indivíduos, abrangendo muitas progênies (FALCONER, 1987). Segundo Sampaio *et al.* (2000), uma estratégia eficiente para a seleção de genótipos é a utilização combinada dos testes de procedência e progênies. A procedência indica a localização geográfica e ambiental das árvores ou povoamentos estudados (FERREIRA & ARAUJO, 1981), enquanto as progênies das populações permitem o estudo dos componentes de variância e a estimação da herdabilidade dos caracteres desejados, propiciando a escolha de métodos mais adequados, principalmente para a seleção de plantas jovens, diminuindo o ciclo de melhoramento da espécie (COSTA *et al.*, 2000b).

Conforme Grattapaglia (2008) as principais características que o melhoramento florestal tem objetivado são referentes ao incremento do crescimento (altura e diâmetro), da produtividade (volume -  $m^3.ha^{-1}$ ), a produção de compostos farmacêuticos, alterações na arquitetura da árvore, dentre outras. Nos estudos genéticos e de melhoramento florestal, as seleções normalmente são dirigidas para os aspectos de crescimento, relacionados a ganhos em volume e forma (MOURA *et al.*, 2004).

### 2.3 Diâmetro

O diâmetro do tronco é a medida mais simples do tamanho das árvores, sendo frequentemente utilizado para classificá-las em classes de tamanho. Apesar da simplicidade de sua medida, cuidados e padronização dos procedimentos de mensuração se fazem necessários. Existe uma grande variação na forma do tronco das árvores e a simples referência a uma “medida de diâmetro” pode significar diferentes informações biológicas da planta se uma convenção não for seguida (BATISTA, 2001). Quando a árvore possui mais de um fuste iniciando abaixo de 1,3 m a literatura florestal recomenda a utilização do diâmetro quadrático.

Segundo Arevalo *et al.* (2002), o diâmetro quadrático é uma maneira de calcular o diâmetro geral da árvore quando a mesma apresenta bifurcações que se iniciam a menos de 1,3 m de altura. Conforme o mesmo autor, após o registro dos diâmetros de cada ramificação, utiliza-se a fórmula da raiz quadrada da soma de cada um dos fustes medidos para se obter o diâmetro geral. O diâmetro quadrático de uma árvore com “n” ramificações pode ser obtido pela seguinte expressão, conforme Macdicken *et al.* (1991):



$$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}$$

Em que:

d – diâmetro quadrático (cm);

$d_{i...n}$  – diâmetro de cada ramificação (cm).

## 2.4 Altura

Conforme Batista (2001), uma das principais razões para a medição da altura de árvores individuais é que a determinação direta do volume de madeira em árvores em pé é muito difícil e demorada, o que faz com que os métodos indiretos baseados em medições do diâmetro e da altura sejam os mais utilizados. Em povoamentos naturais e artificiais, podemos encontrar relações importantes entre as dimensões das árvores que os compõem. O estudo das mesmas permite o estabelecimento de modelos representativos dessas relações e tem como finalidade, diminuir a coleta dos dados no campo, tornando a mensuração florestal uma operação sem ônus desnecessários para seus usuários. A relação altura/diâmetro, conhecida como relação hipsométrica, é uma das mais estudadas e pesquisadas, pois o estabelecimento de uma relação consistente para um povoamento diminui a necessidade da mensuração de parte das alturas das árvores que compõem a amostra, refletindo significativamente no tempo e custo da coleta dos dados.

## 2.5 Volume de madeira

Conhecer o volume de madeira de uma população é de suma importância, pois disso depende sua valorização e dos produtos florestais derivados. Além disso, o uso social, ecológico e economicamente correto destes recursos está aumentando cada vez mais, colocando-os em evidência. A preocupação com o planejamento, ordenamento e o uso da madeira cada vez exige uma maior precisão dos inventários florestais (SCOLFORO & MELLO, 1997). Dentre os estudos relacionados à estimação do volume da vegetação do cerrado, pode-se citar Pellico Netto & Oliveira Filho (1983) em áreas de ocorrência natural típicas do cerrado e do cerrado no Brasil Central; Scolforo *et al.* (1993) para vegetação do cerrado *sensu stricto* no Vale do Jequitinhonha, MG; Mello (1999) para cerrado *sensu stricto* no norte de Minas Gerais e CETEC (1995) para diferentes fisionomias do estado de Minas Gerais.

O volume de um tronco tem sido tradicionalmente definido como uma função da sua altura, diâmetro à altura do peito e forma, e pode ser estimado através de métodos alternativos: deslocamento de água (xilômetro), processos gráficos, o uso de fórmulas como as de Smalian, Huber ou Newton, ou por meio da integração de uma função de forma (AHRENS & HOLBERT, 1981). Entre todos os métodos e fórmulas existentes, o xilômetro é o que apresenta resultados mais reais (SILVA & PAULA NETO, 1979). Pelo método do xilômetro o volume é obtido através da leitura de variações do nível de água que ocorrem no recipiente (xilômetro) com a submersão de secções de tronco. Este método não é utilizado com frequência devido sua construção relativamente complexa e principalmente porque se presta somente para mensurar pequenas quantidades de madeira. Para operá-lo se faz necessário um tempo muito grande quando relacionado com os outros métodos e fórmulas existentes. Por estes motivos, são utilizadas fórmulas, derivadas de fórmulas de parabolóides, que dão resultados bem aproximados com os reais (SILVA & PAULA NETO, 1979).

### 2.5.1 Cubagem rigorosa

Os volumes ditos “reais” poderão ser obtidos analiticamente através da cubagem rigorosa, pelo deslocamento de água (xilômetro) ou ainda através de seu peso, já que a árvore é um sólido irregular. Todavia, como tudo está ligado ao fator econômico, a validade do

método estará no fato de que o mesmo seja aplicado com rapidez e que possua certo grau de precisão, sendo viáveis ao material lenhoso a ser mensurado (SILVA & PAULA NETO, 1979). Todos os métodos utilizados para estimar os volumes individuais buscam levar em consideração a forma das árvores no cálculo do volume, a qual varia de planta para planta.

Segundo Ahrens (1982), a forma do tronco pode ser definida como o decréscimo em diâmetro da base de um tronco para sua extremidade superior. A quantificação do volume real das árvores ou de parte das mesmas possibilita gerar equações de volume e, ou, Fator de Forma para estimar o volume de qualquer árvore da população, bem como a obtenção de fatores que permitam a conversão de volume de madeira sólida em volume de madeira empilhada e vice-versa (SCOLFORO *et al.*, 2008). As fórmulas que têm maior aplicabilidade são as de Newton, Huber e Smalian (Tabela 1), que oferecem resultados corretos desde que os troncos e suas frações sejam tratados como parabolóides (SILVA & PAULA NETO, 1979).

**Tabela 1:** Fórmulas para o cálculo de volume de madeira através de métodos absolutos

AUTOR	FÓRMULA
Newton	$V = L \cdot \frac{(g1 + 4 \cdot gm + g2)}{6}$
Huber	$V = L \cdot gm$
Smalian	$V = L \cdot \frac{(g1 + g2)}{2}$

**Fonte:** Thiersch (2002).

Em que:

V - Volume da seção (m<sup>3</sup>);

L - Comprimento da seção (m);

g1 - área seccional da extremidade inferior da seção (m<sup>2</sup>);

g2 - área seccional da extremidade superior da seção (m<sup>2</sup>);

gm - área seccional no meio da seção (m<sup>2</sup>).

Em linhas gerais, pode ser mencionado que quanto menor for o comprimento da seção, menor será a diferença entre as fórmulas ou métodos e conseqüentemente maior a precisão (SILVA & PAULA NETO, 1979). No Brasil, a fórmula de Smalian tem sido tradicionalmente mais usada nos levantamentos florestais, normalmente empregando-se seções curtas até 2 metros de altura e seções de 1 ou 2 metros no restante do tronco, mais pela praticidade de emprego que por questões de acuracidade (MACHADO & FIGUEIREDO FILHO, 2006).

Para a cubagem de uma árvore não é necessário que o tronco seja seccionado em toretes, basta que o diâmetro do tronco seja medido nas diferentes posições (BATISTA, 2001). Dessa forma é possível fazer a seleção de árvores superiores sem que a mesma seja cortada, realizando a cubagem na árvore em pé. Uma forma básica de estimar o volume da árvore em pé, é calculando o Fator de Forma, medindo-se apenas seu DAP e altura (BATISTA, 2001).

### 2.5.2 Fator de Forma

Conforme Coraiola (1997), a estimativa do volume de uma árvore utilizando-se do Fator de Forma é feita por meio de uma equação volumétrica em função das variáveis diâmetro, altura, ou outra variável capaz de explicar a forma da árvore. Partindo do conceito do Fator de Forma, torna-se possível estimar o volume de árvores por meio de equações matemáticas, que permitam posterior ajuste em função somente da variável diâmetro, ou utilizando-se o diâmetro e altura (PÉLLICO NETTO, 1982). Cunha (2004) define o “Fator de



Forma” como sendo uma constante que deve ser multiplicada pelo produto da área transversal (g) com altura (h) para se ter o volume de uma árvore em pé (Equação 1).

$$V = g \cdot h \cdot f \quad (1) \quad \text{Sendo: } f = \frac{V_{\text{real (cubagem)}}}{V_{\text{cilindrico}}} \quad (2)$$

Sendo o fator (*f*) obtido pela razão entre o volume real (cubagem) e o volume de um cilindro com diâmetro igual ao DAP (Equação 2). Segundo Franco *et al.* (1997) trata-se de um método antigo que deve ser utilizado em situações em que não se tenha nenhuma informação, ou ainda quando se necessita de rapidez do trabalho de inventário. Conhecendo o valor do Fator de Forma, é possível corrigir o volume da árvore se a mesma não tivesse sido cubada de forma rigorosa (SILVA & PAULA NETTO, 1979).

### 2.5.3 Equações volumétricas

Equações de volume são a base para o planejamento e execução de inventários florestais, que por sua vez são essenciais ao manejo sustentado de recursos florestais (CLUTTER *et al.*, 1983, citado por BATISTA *et al.*, 2004). Nos trabalhos florestais, mais precisamente nos inventários, um dos métodos de obtenção do volume é por meio de equações já testadas.

Equações volumétricas ou funções de volume são funções matemáticas que relacionam uma variável de difícil obtenção, neste caso o volume, com variáveis mais facilmente mensuráveis e conseqüentemente mais baratas como o DAP (diâmetro à altura do peito), a altura total ou alguma medida que expresse a forma da árvore, embora esta última não seja muito empregada (MACHADO *et al.*, 2008). Elas permitem o cálculo de volume sólido, árvore a árvore, através de modelos matemáticos especialmente testados para apresentar os menores erros possíveis (COUTO & BASTOS, 1987). O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro padrão residual (EPR), a distribuição uniforme dos valores residuais e a facilidade de aplicação são alguns dos critérios adotados para a escolha da melhor equação (SILVA & PAULA NETTO, 1979). Segundo Finger (1992) e Scolforo (1997) as equações volumétricas podem ser divididas em:

- Modelos de simples entrada ou local (Tabela 2): o volume gerado é função apenas de uma variável, sendo esta o diâmetro à altura do peito (DAP). São mais utilizados quando há forte relação hipsométrica, ou seja, quando há uma elevada correlação entre o diâmetro e a altura.

**Tabela 2:** Modelos volumétricos de simples entrada utilizados na área florestal

AUTOR	MODELO
Kopezky-Gehhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 d^2 + \varepsilon$
Dissescu-Meyer	$V = \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$
Hohenadl-Krenm	$V = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2 + \varepsilon$
Berkhout	$V = \beta_0 d^{\beta_1} + \varepsilon$
Husch	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(d) + \varepsilon$
Brenac	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(d) + \beta_2 \frac{1}{d} + \varepsilon$

**Fonte:** Scolforo & Mello (1997).

Em que:

V- volume (m<sup>3</sup>);

d- diâmetro a altura do peito (cm);

$\beta$ 's- coeficientes a serem estimados;

Ln- logaritmo neperiano;  
 $\varepsilon$ - erro de estimativa.

• Modelos de dupla entrada ou regional (Tabela 3): o volume é gerado por meio de duas variáveis, no caso o DAP e a altura. Este procedimento é adotado na maioria das situações, já que normalmente não existe uma forte relação hipsométrica. Assim, deve-se utilizar o diâmetro e a altura para explicar o volume.

**Tabela 3:** Modelos volumétricos de dupla entrada utilizados na área florestal

AUTOR	MODELO
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 \cdot HT + \varepsilon$
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 \cdot DAP^{\beta_1} \cdot HT^{\beta_2} + \varepsilon$
Honner	$V = \frac{DAP^2}{\beta_0 + \beta_1 \cdot \frac{1}{HT}} + \varepsilon$
Ogaya	$V = DAP^2 \cdot (\beta_0 + \beta_1 \cdot HT) + \varepsilon$
Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2 + \beta_2 \cdot DAP^2 \cdot HT + \beta_3 \cdot HT + \varepsilon$
Naslund	$V = \beta_1 \cdot DAP^2 + \beta_2 \cdot DAP^2 \cdot HT + \beta_3 \cdot DAP \cdot HT^2 + \beta_4 \cdot HT^2 + \varepsilon$
Takata	$V = \frac{DAP^2 \cdot HT}{\beta_0 + \beta_1 \cdot DAP} + \varepsilon$
Spurr (log)	$\text{Ln}V = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(DAP^2 \cdot HT) + \varepsilon$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_2 \cdot DAP^2 + \beta_3 \cdot DAP \cdot HT + \beta_4 \cdot DAP^2 \cdot HT + \beta_5 \cdot HT + \varepsilon$

**Fonte:** Scolforo & Mello (1997).

Em que:

V- volume (m<sup>3</sup>);

DAP- diâmetro a altura do peito (cm);

HT- altura total (m);

$\beta$ 's- coeficientes a serem estimados;

Ln- logaritmo neperiano;

$\varepsilon$ - erro de estimativa.

Em estudos realizados no município de Aiuruoca-MG, Pérez (2001) concluiu que a equação de volume de Schummacher e Hall na forma logarítmica teve o melhor desempenho, dentre os modelos avaliados, para a estimativa do volume e do número de moirões para a candeia.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do Experimento

Os estudos para a seleção de matrizes foram conduzidos a partir dos dados obtidos na cubagem de árvores, em um teste de procedências e progênies de candeia. Este teste foi instalado em janeiro de 2005 e localiza-se na zona rural do município de Baependi no sul de Minas Gerais. Baependi localiza-se na microrregião do Circuito das Águas e, de acordo com o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, está inserido na região Alto Rio Grande (VIOLA, 2008). Segundo a classificação de Köppen, possui clima Cwb (tropical de

altitude) com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos (BRASIL, 1992). 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).

Os dados aqui utilizados fazem parte de um trabalho bem maior, relacionado ao desenvolvimento da silvicultura da candeia, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG, em parceria com empresa que utiliza a espécie de forma industrial, organizações sociais e entidades de meio ambiente (federais e estaduais). Originalmente, a cubagem foi realizada com o intuito de verificar possíveis diferenças volumétricas entre procedências e progênies, além de diferenças volumétricas em árvores de candeia sob interferência de condições de solo (MELO *et al.*, dados não publicados).

O referido teste de procedência e progênies continua sendo avaliado e visa selecionar, com base em características de crescimento, materiais genéticos de candeia mais produtivos. Para que isso fosse possível, pesquisadores da UFLA produziram mudas de candeia advindas de sementes de cinco regiões do estado de Minas Gerais (1, 2, 3, 4 e 5). Para cada procedência, foram coletadas sementes de 24 progênies de polinização aberta, exceto a região 5, em que foram coletadas sementes de 20 árvores matrizes. No campo, as mudas foram plantadas no delineamento experimental de sete blocos casualizados, com 116 progênies e seis plantas distribuídas em parcela linear.

O espaçamento de plantio foi de 2,5 x 2,0 m. O plantio foi realizado em covas com adubação de 150 gramas por cova de NPK (08:28:16) no ato do plantio. Aos cinco anos foram realizadas avaliações das características de crescimento (diâmetro a altura do peito – DAP e altura das árvores). Foram medidos os diâmetros de todos os fustes considerados formadores da copa da árvore, inseridos no fuste principal com ramificação iniciando abaixo de 1,30 m de altura. A partir destas características foi possível estimar o volume de cada árvore por meio de diferentes equações utilizadas na literatura florestal.

Como forma de verificar a influência de diferentes características de crescimento e formas de se obter tais características na seleção de materiais genéticos de candeia, foram avaliados neste trabalho apenas os indivíduos cubados dentro da procedência 1.

No teste de procedência e progênies foram cubadas aleatoriamente duas árvores por linha de plantio. Em cada bloco de cada procedência existiam seis linhas. Desta forma, foram cubadas 84 árvores na procedência 1 (7 blocos x 6 linhas/bloco x 2 plantas/linha).

A cubagem foi realizada com as árvores em pé, com auxílio de uma escada e trena graduada em centímetros. Para conseguir maior precisão nesta operação, a medição foi realizada em secções consideradas cilindros perfeitos, independente do comprimento da secção. Assim, na base de dados são encontrados comprimentos de secção desde 10 cm até comprimentos superiores a 100 cm. Isto foi necessário, uma vez que a espécie apresenta muitos galhos ao longo do fuste e a cada inserção de galho, o diâmetro do fuste é reduzido significativamente. Para o cálculo do volume de cada secção foi utilizado o diâmetro no meio da secção e o seu comprimento. A soma do volume de todas as secções correspondia ao volume total real da árvore cubada.

Com base nos dados da cubagem rigorosa o volume dito real foi comparado com outras características silviculturais, além de confrontado com outros valores de volume obtidos por meio de métodos alternativos.

### **3.2 Diâmetro e Diâmetro quadrático**

O DAP, tomado a 1,3 m da superfície do solo, foi calculado medindo a circunferência do tronco (CAP) com auxílio de fita métrica e em seguida convertendo em diâmetro conforme a expressão abaixo.

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Em que:

DAP – Diâmetro à Altura do Peito (cm);

CAP – Circunferência à Altura do Peito (cm);

$\pi$  – Pi (3,141592654).

Conforme a cubagem rigorosa de cada árvore foi possível calcular o diâmetro quadrático dos indivíduos que apresentaram ramificações abaixo de 1,3 m de altura. Cada fuste ou galho teve seu DAP elevado ao quadrado, sendo a raiz quadrada da soma desses valores, o diâmetro geral da árvore ou diâmetro quadrático, conforme a expressão.

$$d = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_n^2}$$

Em que:

d – diâmetro quadrático (cm);

$d_{i...n}$  – diâmetro de cada ramificação (cm).

Esta metodologia foi utilizada devido ao grande número de fustes apresentados pelas árvores de candeia, sendo assim, possível calcular um diâmetro mais condizente com a árvore ramificada.

### 3.3 Altura

As alturas foram mensuradas diretamente nas árvores com auxílio de fita métrica medindo-se a distância da base da árvore até a ponta do fuste principal, sendo este, o de maior CAP. Para a cubagem rigorosa foram medidas as alturas de todos os fustes de cada árvore.

### 3.4 Fator de Forma médio

Com os dados da cubagem rigorosa tornou-se possível calcular o Fator de Forma, dividindo o volume real pelo volume do cilindro com diâmetro igual ao DAP e altura da árvore cubada, sendo que, cada árvore resultou em dois diferentes volumes estimados, uma vez que para o cálculo do volume do cilindro foram utilizados dois diferentes DAP's, sendo eles: o DAP do fuste principal e, quando a árvore possuía mais de um fuste, o DAP quadrático.

Com o Fator de Forma de cada árvore foi possível calcular o Fator de Forma médio (para o DAP do fuste principal e para o DAP quadrático). Multiplicando o Fator de Forma médio das 84 árvores cubadas pelo volume do cilindro de cada árvore separadamente, foi possível estimar o volume de cada indivíduo conforme a expressão abaixo:

$$V = V_{cil.} \times ff$$

Em que:

V - Volume individual (m<sup>3</sup>);

V<sub>cil.</sub> - Volume cilíndrico (m<sup>3</sup>);

ff - Fator de Forma médio.

### 3.5 Equações Volumétricas

Para estimar os volumes individuais pela equação, foram selecionados três modelos clássicos da literatura florestal de simples e dupla entrada (Tabela 4). O modelo de simples

entrada (modelo de Husch) foi ajustado com base nos dados da cubagem da procedência 1. Este modelo foi ajustado utilizando o método dos mínimos quadrados para a estimativa dos parâmetros, conforme Scolforo (2005). Já o modelo de dupla entrada para a candeia plantada (modelo de Schumacher-Hall), foi estimado por Melo *et al.* (dados não publicados), trabalhando com cubagem rigorosa em um povoamento da espécie.

**Tabela 4:** Equações para estimativa do volume de madeira

Autor	Modelo linearizado	Candeia	Parâmetros e Estatística de precisão
Husch	$\text{Ln}(\text{VT}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{DAP})$	PLANTADA	
Schumacher-Hall	$\text{Ln}(\text{VT}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{DAP}) + \beta_2 \text{Ln}(\text{H})$	PLANTADA	$\beta_0 = -8,78608$ $\beta_1 = 1,83257$ $\beta_2 = 0,47149$ $R^2(\%) = 77,6$ $S_{yx}(\text{m}^3) = 0,0007$
Spurr	$\text{Ln}(\text{VT}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Ln}(\text{DAP}^2 \times \text{H})$	NATIVA	$\beta_0 = -10,069537$ $\beta_1 = 1,010656$ $R^2(\%) = 98,18$ $S_{yx}(\text{m}^3) = 0,04888$

Em que:

VT – volume total (m<sup>3</sup>)

DAP – diâmetro altura peito (cm)

H – altura total (m)

$\beta$ 's – coeficientes

Ln – logaritmo neperiano

A equação para estimativa do volume de candeia nativa foi obtida por Scolforo *et al.* (2008), a partir da quantificação do volume real das árvores, por meio de censo realizado em fragmento de candeia na cidade de Aiuruoca, região sul de Minas Gerais mais próxima à área de estudo do presente trabalho.

Com cada uma das três equações foi possível estimar dois valores de volume, uma vez que foi trabalhado com dois DAP's, sendo eles, o DAP do fuste principal da árvore e o DAP quadrático.

### 3.6 Análise dos dados

Para analisar os métodos propostos na estimativa dos volumes de cada árvore avaliou-se a correlação, por meio de gráficos com as devidas estatísticas de precisão, entre os volumes obtidos conforme a metodologia utilizada e o volume real obtido pela cubagem rigorosa. Além disso, fez-se um estudo de correlação entre o volume real com a altura, DAP do fuste principal e DAP quadrático.

Por meio das análises gráficas foi possível fazer inferências a respeito da utilização de cada uma das características de crescimento utilizadas na seleção das árvores de candeia, assim como verificar se pelos métodos de estimação volumétrica, o valor encontrado

coincidia com o valor real obtido pela cubagem ou se apresentava tendência em superestimá-lo ou o contrário.

Como forma de verificar a influência de cada característica analisada em relação à seleção das melhores árvores, foram calculados os percentuais de coincidência entre as seleções com a utilização do volume real obtido pela cubagem e todas as outras características medidas ou estimadas (comparações feitas duas a duas), tendo como padrão o ranque feito com volume calculado pela cubagem. Para isso, utilizou-se a ferramenta simples de ranqueamento em ordem decrescente do Excel.

Primeiramente, a partir dos dados volumétricos da cubagem, foram selecionadas 100; 50; 25; 12,5; 6,25 ou 3,13% das melhores árvores dentre as 84 cubadas. Posteriormente, utilizando os dados de cada uma das características calculadas (DAP, altura, volume pelo Fator de Forma com DAP do fuste principal etc.), foi feito o ranqueamento com os mesmos percentuais de seleção. Com base nos dados obtidos, verificou-se qual era a coincidência de seleção utilizando a característica estimada, com relação ao volume real, para cada um dos percentuais de seleção (100; 50; 25; 12,5; 6,25; 3,13).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Definição da equação de volume pelo modelo de Husch

Com os dados da cubagem da procedência 1, foi possível determinar os coeficientes do modelo linearizado de Husch, gerando uma equação de estimativa volumétrica com uma variável independente, sendo esta o DAP (Tabela 5).

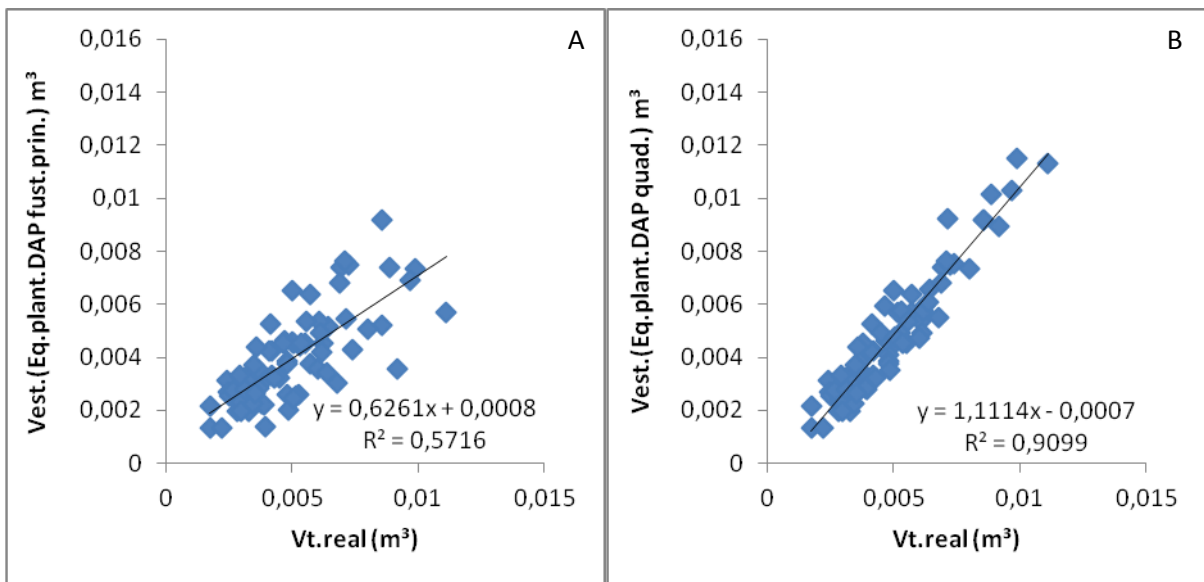
**Tabela 5:** Equação para estimativa do volume de madeira

Autor	Modelo linearizado	Candeia	Parâmetros e Estatística de precisão
Husch	$\text{Ln}(\text{VT}) = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln}(\text{DAP})$	PLANTADA	$\beta_0 = -8,405134097$ $\beta_1 = 1,916685879$ $R^2(\%) = 88,16$ $S_{yx} = 0,0007$

Com base na estimativa volumétrica é possível fazer inúmeras inferências a respeito das árvores. A partir dos valores estimados de volume, pode-se proceder à seleção de materiais genéticos superiores bem como elaborar e implementar planos de manejo para florestas plantadas (SCOLFORO & FIGUEIREDO FILHO, 1988). Além disso, este modelo tem como vantagem, a utilização apenas do DAP, não sendo necessário medir a altura das plantas.

### 4.2 Modelos de estimativa volumétrica

A figura 2 apresenta a correlação entre o volume real total e o volume estimado por meio de equação de dupla entrada, a partir de uma equação obtida em plantio de candeia, utilizando o DAP do fuste principal (A) e o DAP quadrático (B).



**Figura 2:** Correlação entre o volume real e o volume estimado com equação de dupla entrada (DAP e altura), a partir de uma equação obtida em plantio de candeia (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático), em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG.

Na Figura 2A pode se observar que houve uma menor correlação (0,76) entre o volume estimado e o volume real quando comparado com a equação volumétrica obtida com o DAP quadrático (2B) que apresentou correlação (0,95) entre o volume real e o volume estimado. No caso da candeia, isso ocorreu, pois mesmo sendo em uma área plantada, as árvores apresentam forma muito irregular, devido principalmente ainda não terem passado por nenhuma seleção anterior (SCOLFORO *et al.*, 2008). Pela Figura 2A, observa-se que os valores de volume foram sub-estimados conforme demonstrado pelo coeficiente angular da reta, enquanto pela Figura 2B, observa-se superestimação nos valores de volume. Este resultado deve ser analisado com cautela, uma vez que quanto maior a correlação entre as características, menor é a probabilidade de a seleção ser diferente quando utiliza-se alternativas para estimar um valor real, porém se esta estimativa apresentar tendência para cima ou para baixo, causará erros nos cálculos de produtividade dos materiais selecionados.

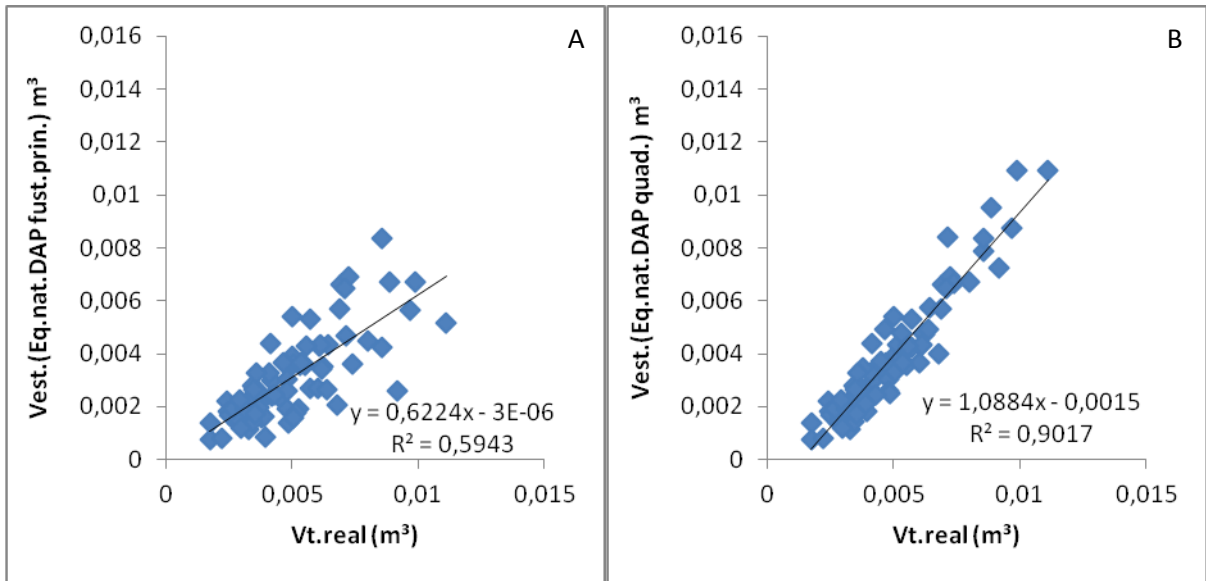
Observa-se na Figura 3A uma menor correlação (0,77) entre o volume estimado e o volume real quando comparado com a equação volumétrica obtida com DAP quadrático (3B), que apresentou correlação (0,95) entre o volume real e o volume estimado. Para estimativa volumétrica a utilização de uma equação obtida em candeal plantado de dupla entrada (Figura 2) não teve diferença significativa da equação obtida em candeal nativo (Figura 3) visto que, tanto as correlações quanto os coeficientes angulares apresentaram valores bem próximos, quando comparados sob a utilização do DAP do fuste principal ou do DAP quadrático. Isto se explica pela irregularidade na forma das árvores de candeia (SCOLFORO *et al.*, 2008).

Na Figura 4A, mais uma vez, observa-se menor correlação (0,72) entre o volume real e o volume estimado com a equação de uma entrada utilizando o DAP do fuste principal, enquanto que utilizando o DAP quadrático houve correlação de 0,95. Os valores de volume foram superestimados em 4A e subestimados em 4B, como pode ser visto pelos coeficientes angulares das retas (Figura 4). Ao contrário do que foi observado nas Figuras 2A e 3A, os valores de volume estimados com a utilização do DAP do fuste principal (Figura 4A), superestimaram os valores reais, enquanto na Figura 4B, observa-se que os valores foram subestimados.

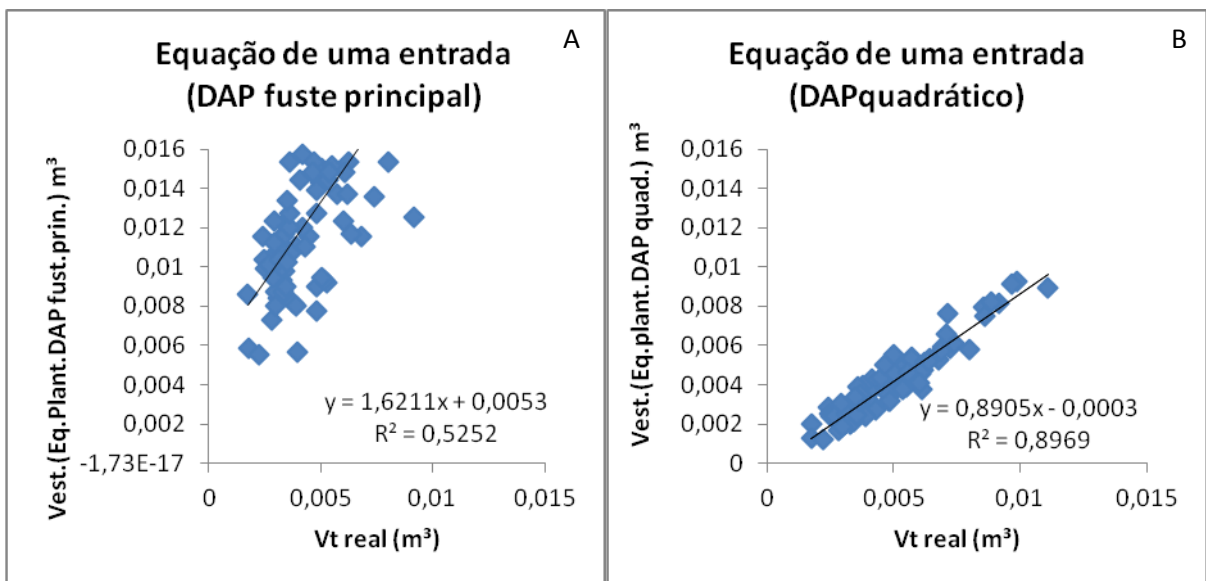
Conforme pode ser verificado, a retirada da variável altura da equação de regressão obtida a partir de dados do plantio, não causou redução na correlação entre o volume real e estimado (0,95), quando utilizando o DAP quadrático (Figura 4B), ou seja, o gráfico evidencia uma possível relação hipsométrica, em que a utilização apenas do DAP quadrático é



eficiente para estimar com precisão o volume da árvore. Com base neste resultado, para estimar o volume total das árvores, não seria necessário medir a altura de plantas de candeia no campo, apenas tirar as medidas dos DAPs de todos os fustes existentes (OLIVEIRA *et al.*,2010). Além disso, pode-se verificar que o coeficiente angular encontra-se bem próximo ao valor 1, tendendo a subestimar o volume real em menor magnitude.



**Figura 3:** Correlação entre o volume real total e o volume estimado com equação de dupla entrada (DAP e altura) a partir de uma equação obtida em candeal nativo (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático) em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG.

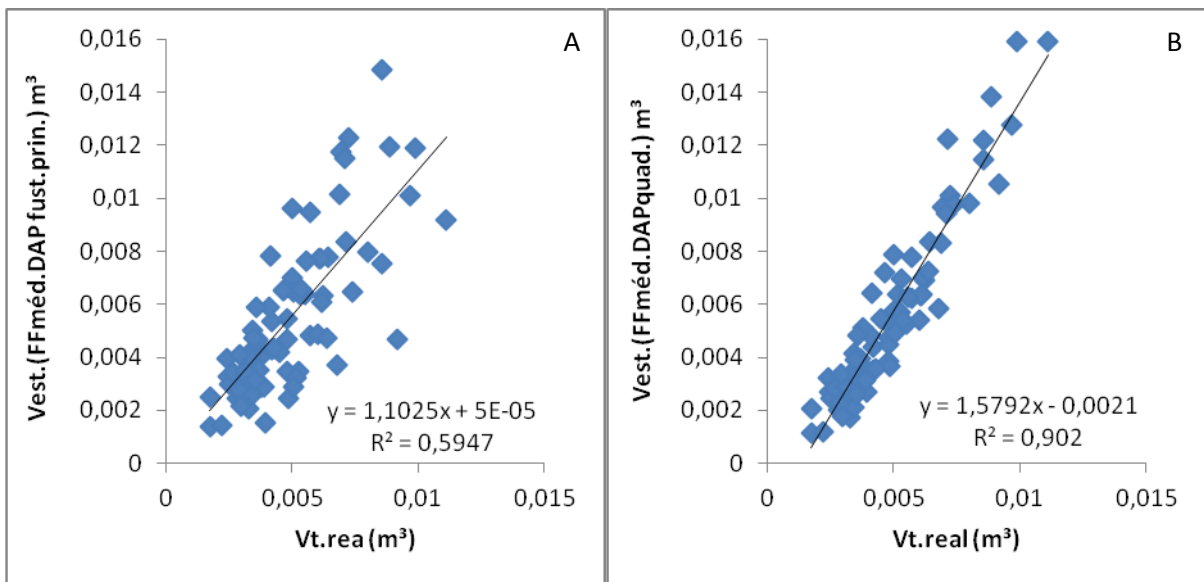


**Figura 4:** Correlação entre o volume real e o volume estimado com equação de uma entrada (DAP) a partir de uma equação obtida em plantio de candeia, (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático) em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG.

### 4.3 Fator de Forma médio

A Figura 5 apresenta a correlação entre o volume real e o volume estimado por meio do Fator de Forma médio, utilizando o DAP do fuste principal (A) e o DAP quadrático (B), apresentando Fator de Forma médio 1,01 e 0,83 respectivamente.



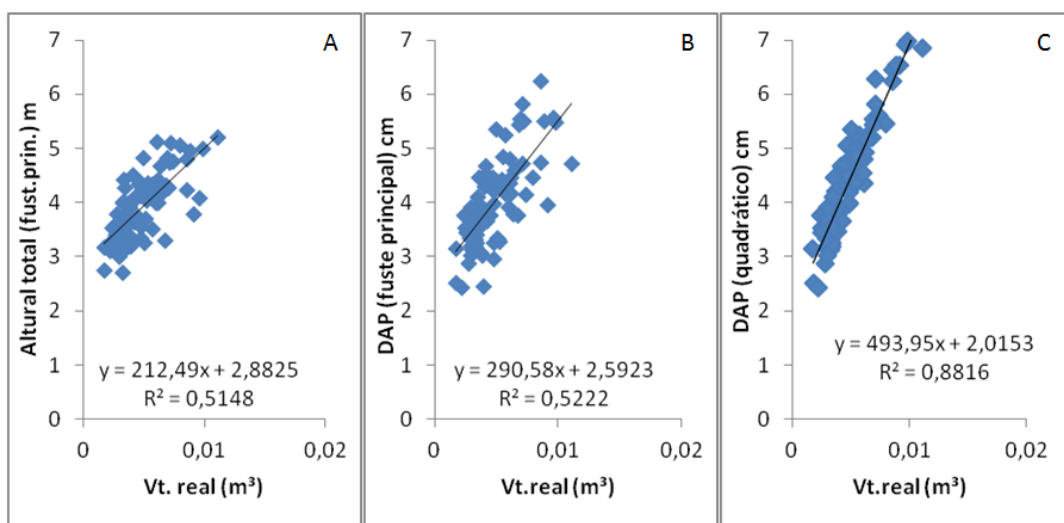


**Figura 5:** Correlação entre o volume real e o volume estimado com o Fator de Forma médio de *Eremanthus erythropappus* (A: utilizando DAP do fuste principal e; B: DAP quadrático) em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG.

Observa-se pela Figura 5A uma menor correlação (0,77) entre o volume estimado e o volume real quando no Fator de Forma médio foi utilizado o DAP do fuste principal, enquanto a figura 5B revela maior correlação (0,95) entre o volume real e o volume estimado com a utilização do DAP quadrático. No entanto, no caso da Figura 5B, mesmo que a correlação tenha sido alta, verifica-se que existe uma tendência em subestimar valores de volume baixos e superestimar valores mais altos, ou seja, os materiais que seriam selecionados pelo programa de melhoramento, teriam seus volumes superestimados com a utilização do Fator de Forma médio utilizando-se do DAP quadrático. Dentre as alternativas de estimação volumétrica com a utilização do DAP quadrático (Figuras 2B, 3B, 4B e 5B), a utilização do Fator de Forma médio é o que causa maior desvio em relação aos valores reais.

#### 4.4 Características de crescimento

A Figura 6 apresenta a correlação entre o volume real total e as características silviculturais: altura total (A), DAP do fuste principal (B), DAP quadrático (C).



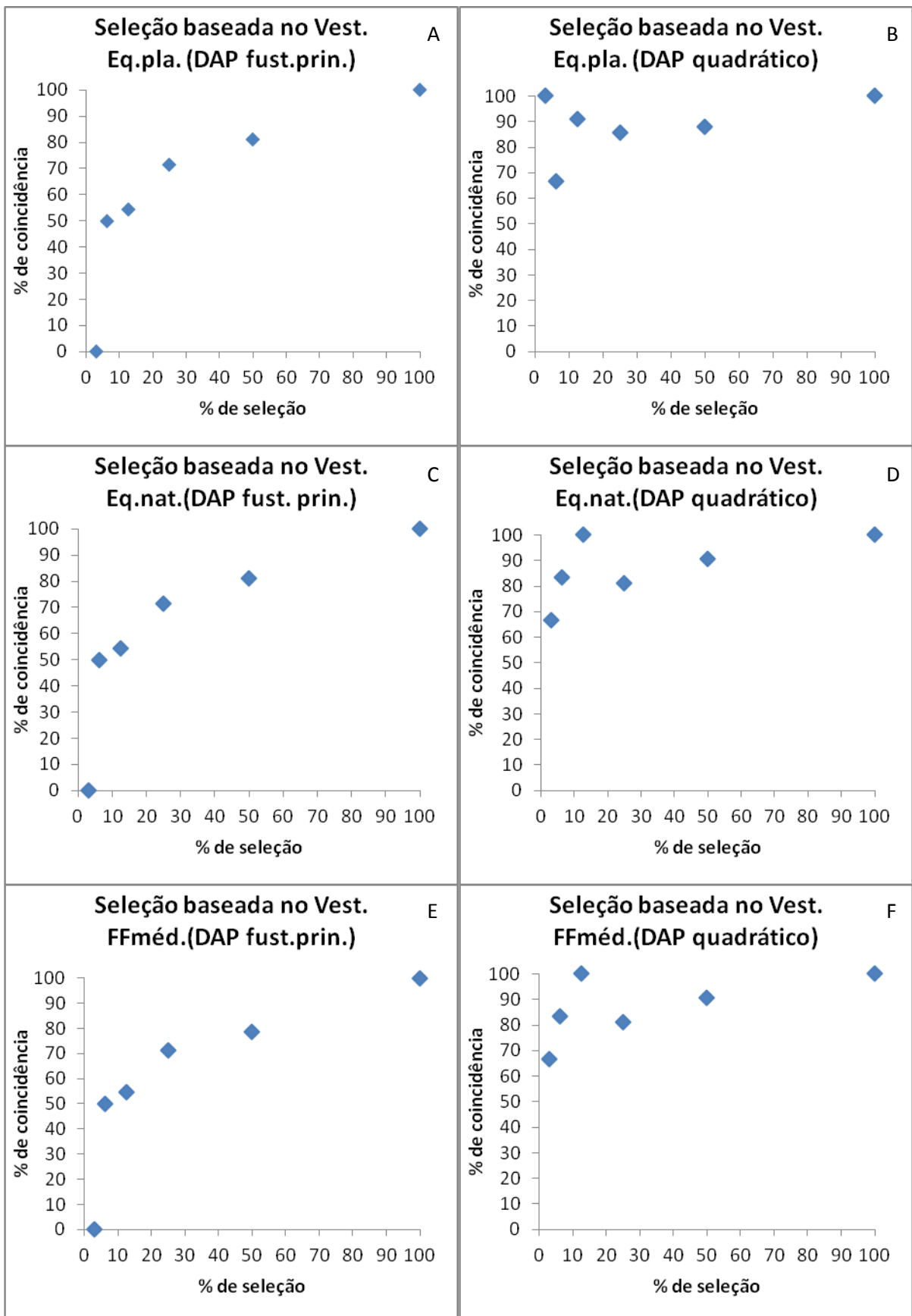
**Figura 6:** Correlações entre o volume real e as características silviculturais: altura total (A); DAP do fuste principal (B); DAP quadrático (C) das árvores de *E. erythropappus*, em experimento instalado em janeiro de 2005, no Município de Baependi, MG.

Os parâmetros altura total (6A) e DAP do fuste principal (6B) não se correlacionaram com o volume real tanto quanto o DAP quadrático (6C), como pode ser observado. Isto evidencia que para fins de seleção, poder-se-ia utilizar a característica DAP quadrático como uma característica básica para a seleção dos indivíduos, quando o objetivo do programa de melhoramento fosse selecionar indivíduos com maior volume, independente do número de fustes e ou galhos.

Por outro lado, poderia ser feita uma comparação de todos os resultados obtidos com a utilização do DAP do fuste principal com o volume obtido pela cubagem apenas do fuste principal. Esta comparação poderia ser realizada quando o objetivo fosse a seleção de indivíduos com maior volume, porém este volume encontrado apenas em um fuste, por exemplo, programa de melhoramento voltado para a produção de mourões de candeia.

#### **4.5 Seleção com base no ranqueamento simples**

A partir dos dados de DAP, DAP quadrático, altura e volumes obtidos pelas diferentes alternativas, procedeu-se ao ranqueamento das 84 árvores de candeia. A Figura 7 apresenta o percentual de coincidência entre as seleções a partir dos dados estimados de volume, comparados ao ranque do volume real obtido por meio da cubagem rigorosa de todas as árvores do experimento, em função dos seis diferentes níveis de seleção (3,13%; 6,25%; 12,5%; 25%; 50% e; 100% do material genético selecionado).



**Figura 7:** Percentual de coincidência entre as árvores de candeia selecionadas por meio do volume estimado: Equação de candeia plantada utilizando DAP fuste principal (A) e DAP quadrático (B); Equação de candeia nativa utilizando DAP fuste principal (C) e DAP quadrático (D); Fator de Forma médio utilizando DAP fuste principal (E) e DAP quadrático (F).

De forma geral, a seleção baseada no volume estimado, utilizando DAP do fuste principal, não foi tão eficiente quanto à baseada no volume estimado utilizando o DAP quadrático (Figura 7). Isto é verificado, pelo fato de que quanto menor o número de indivíduos selecionados (3,13%), com a utilização do DAP apenas do fuste principal, menor é a coincidência entre as árvores selecionadas (0%) (Figuras 7A, 7C e 7E). Este resultado já era esperado uma vez que as correlações utilizando o DAP do fuste principal já haviam apresentado menores valores, quando comparadas às correlações utilizando DAP quadrático.

Entre as comparações feitas utilizando o DAP quadrático, não foi observada diferença entre a seleção utilizando valores de volume estimados por meio de equação obtida em povoamento de candeia nativa ou plantada (Figuras 7B e 7D), exceto para o nível de seleção de 3,13% em que a equação de povoamento plantado (7B) foi mais eficiente que a equação de povoamento nativo (7D) para a seleção de material genético superior.

Resultados similares quanto ao percentual de coincidência foi obtido com a utilização do Fator de Forma médio para estimar o volume utilizando DAP quadrático, porém, como verificado anteriormente, os valores estimados por este método apresentam maior desvio em relação aos valores reais.

## 5. CONCLUSÃO

Conforme a análise dos resultados, pode-se concluir que:

- Dentre as características silviculturais altura, DAP do fuste principal e DAP quadrático, o diâmetro quadrático foi o que mais se correlacionou (0,95) com o volume real de cada árvore de *Eremanthus erythropappus*, visto que as árvores de candeia cultivadas até o momento, ainda apresentam muitas ramificações;
- Os volumes estimados, seja por equação de simples ou dupla entrada para candeia nativa ou plantada ou pelo Fator de Forma médio, apresentaram maiores valores de correlação com os volumes totais reais de cada árvore, quando no modelo de estimativa volumétrica foi utilizado o DAP quadrático;
- Dentre as formas de estimar o volume que utilizaram o DAP quadrático, o Fator de Forma médio é o método que apresentou maior desvio em relação aos valores reais;
- A seleção de material genético superior com a utilização de dados obtidos por meio de estimativa volumétrica, comparada com o volume real obtido pela cubagem, foi mais eficiente com a utilização de equação de dupla entrada para candeia plantada, por meio do DAP quadrático e altura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S. Funções de Forma: sua conceituação e utilidade. In: V SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 1982, **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1982. p.7-13.
- AHRENS, S.; HOLBERT, D.E. 1981. Uma função para forma do tronco e volume *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 3, p. 37-68.
- ARAÚJO, L. C. *Vanillosmopsis erythropappa* (DC.) Sch. Bip: sua exploração florestal. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1944. 54 p.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo – PR: EMBRAPA/CNPQ, 41p. (Embrapa Floresta, Documento 73). 2002.
- BATISTA, J. L. F. **Mensuração de árvores, uma introdução à dendrometria**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2001. 95p.
- BATISTA, J. L. F.; MARQUESINI, M.; VIANA, V. M. Equações de volume para árvores de caxeta (*Tabebuia cassinoides*) no Estado de São Paulo e sul do Estado do Rio de Janeiro. **IPEF**, n. 65, p. 162-175, 2004.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília: MARA, 1992. 84p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640p.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Belo Horizonte: SAT/CETEC, 1995. 295 p.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. **Ecofisiologia da candeia**. Belo Horizonte: SAT/CETEC, (Relatório técnico), 1994. 104 p.
- CHAVES, M. M. F.; RAMALHO, R. S. Estudos morfológicos em sementes, plântulas e mudas de duas espécies arbóreas pioneiras da família Asteraceae (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip. e *Vernonia discolor* (Spreng-Kess)). **Revista Árvore**, v.20, n.1, p.1-7, 1996.
- CORAIOLA, M. **Caracterização estrutural de uma floresta estacional semidecidual localizada no município de Cássia – MG**. 1997. 216f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- CORREA, M. P. **Dicionário de plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. v.1, p.431-433, 1931.

- COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAUJO, A. J. *et al.* Seleção combinada univariada e multivariada aplicada ao melhoramento genético da seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 381-388. 2000b.
- COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. Modelos de equação de volume e relações hipsométricas para plantações de *Eucalyptus* no estado de São Paulo. **IPEF**, n. 37, p. 33-44, 1987.
- CUNHA, U. S. Dendrometria e Inventário Florestal. **Série Técnica**. Escola Agrotécnica Federal de Manaus, Manaus. 2004. 61p.
- DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA, 1995. 41p.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- FERREIRA, M.; ARAÚJO, A. J. **Procedimentos e recomendações para teste de procedência**. Curitiba: EMBRAPA, 1981. (EMBRAPA. Documentos URPFCS, n. 6).
- FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.
- FRANCO, E. J.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. 1997. Eficiência dos métodos para estimativa volumétrica de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Cerne**, v. 3, n. 1, p. 82-116.
- FREITAS, V. L. O. **Variabilidade genética em *Vanillosmopsis erythropappa* Schultz Bip. (Asteraceae) em áreas de candeial e de mata**. 2001. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- GRATTAPAGLIA, D. **Melhoramento de *Eucalyptus*: híbridos, clonagem e marcadores moleculares**. Palestra. Capturado em 20 de junho de 2008. Online. Disponível na internet em: [http://ww.cenargen.embrapa.br/palestras/21102006/21102006\\_001.pdf](http://ww.cenargen.embrapa.br/palestras/21102006/21102006_001.pdf).
- JÚNIOR, P. E. J.; STURION, A. J.; RESENDE, V. D. M.; JÚNIOR, R. P. Efeitos da correção de dados na Redução da Heterogeneidade das variâncias Genética, Ambiental e Fenotípica em Testes de Progenies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 51, p.75-107, 2005.
- KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em origens de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden**. 1980. 125 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- MACDICKEN, K. G.; WOLF, G. V.; BRISCOE, C. B. **Standard research methods for multipurpose trees and shrubs**. Arlington: Winrock International Institute for Agricultural Development/ICRAF, 1991. 92p. (Multipurpose Tree Species Network Series: Manual, 5).
- MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Dendrometria**. Guarapuava: UNICENTRO. 2ª Ed, 2006. 316p.

- MACHADO, S. A.; *et al.* Modelagem volumétrica para bragatinga (*Mimosa scabrella*) em povoamentos da Região Metropolitana de Curitiba. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p. 17-29, 2008.
- MELLO, A. A. **Estudo silvicultural e de viabilidade econômica do manejo da vegetação do cerrado**. 1999. 187p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- MOURA, V. P. G.; VALE, A. T.; ISAIAS, F. B. Comparação entre dois métodos de avaliação da variabilidade genética em volume, densidade básica da madeira e matéria seca de *Pinus tecunumanii* (Schwd) Eguluz e Perry. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 14, n. 1, p. 77-84, 2004.
- OLIVEIRA, C. D. C.; SCOLFORO, J. R. S.; ALTOÉ, T. F.; OLIVEIRA, G. M. V.; PÁSCOA, K. J. V.; MARTINS, T. V. **Ajuste de relações hipsométricas para *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish em diferentes espaçamentos**. XXIII CIUFLA. Lavras, 2010.
- PAIVA, J. R.; 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, 2002.
- PÉLLICO NETO, S. **Estimativas volumétricas de árvores individuais síntese teórica**. Curitiba, V Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais, 15-27 p, 1982.
- PÉLLICO NETTO, S. P.; OLIVEIRA FILHO, L. C. Avaliação da biomassa da Savana (Cerrado) para a produção de carvão vegetal. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1983, **Anais...** Curitiba: SBS, 1983. p. 686-689.
- PÉREZ, J. F. M. **Sistema de manejo para a candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC) MacLeish)**. 2001. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- RESENDE, M. D. V. **Software SELEGN-REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002b. 67p. (Embrapa Florestas. Documentos, 77).
- 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, 2000.
- SCOLFORO, J. R. S. **Biometria Florestal: Parte I: modelos de regressão linear e não linear; Parte II: modelos para relação hipsométrica, volume, afilamento e peso de matéria seca**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 352 p.
- SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1988. 310p.
- SCOLFORO, J. R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, S. T. Equações de biomassa e volume para cerrado *senso stricto*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 2., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, 1993. p. 508-510.

- SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEP, 1997. 310p.
- SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; DAVIDE, A. C.; MELLO, J. M.; ACERBI JUNIOR, F. W. **Manejo sustentado da candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish e *Eremanthus incanus* (Less.) Less.)**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 214p.
- SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; SILVA, C. P. C.; ANDRADE, I. S.; MELO, V. M.; CAMOLESI, J. F.; BORGES, L. F. R. **O manejo da candeia nativa**. Lavras: UFLA, 2008. 44p.
- SEBBENN, A. M.; VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M. Altas herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento em teste de progênies de polinização aberta de *Pinus elliottii* Engelm var. *elliottii*, aos 25 anos de idade em Assis - SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 95-102, 2008.
- SILVA, A. C. **Variações genéticas em candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish): simbiose e desenvolvimento radicular e estabelecimento inicial em áreas degradadas**. 2003. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.
- SILVA, J. A. A.; NETO, F. P. **Princípios Básicos de Dendrometria**. 1979. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 191p.
- SILVA, C. P. C. **Crescimento e produção da candeia em plantio sujeito a diferentes espaçamentos e podas**. 2009. 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais.
- SILVA, A. C.; ROSADO, S. C. S.; CALEGARIO, N.; RODRIGUES, E. A. C.; OLIVEIRA, A. N.; VIEIRA, C. T. 2007. Variações genéticas na qualidade do sistema radicular de mudas de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Árvore**. Viçosa – MG, vol 31, n 4, p 609 – 617.
- TEIXEIRA, M. C. B.; NUNES, Y. R. F.; MAIA, K. M. P.; RIBEIRO, R. N. Influência da luz na germinação de sementes de candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Shuh. Bip.). In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICA, 28., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBB. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 1996. p.35-41.
- THIERSCH, C. R. **Modelagem da densidade básica, do volume e do peso seco para plantios de clones de *Eucalyptus* spp.** 2002. 197f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. 2006. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MAC. LEISH. **Revista Brasileira de Sementes**, vol 28, n 1, p 114 – 121.
- VIOLA, M. R. **Simulação hidrológica na região Alto Rio Grande a montante do Reservatório de Camargos**. 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.