



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais e Ambientais**

**MURILO AZEVEDO GLORIA JUNIOR**

**INFLUÊNCIA DA CUBAGEM RIGOROSA NO AJUSTE DE  
MODELOS DE TAPER PARA EUCALIPTO NO SUL DO TOCANTINS**

**GURUPI - TO  
2017**



**Universidade Federal do Tocantins  
Campus Universitário de Gurupi  
Programa de Pós-Graduação Ciências Florestais e Ambientais**

**MURILO AZEVEDO GLORIA JUNIOR**

## **INFLUÊNCIA DA CUBAGEM RIGOROSA NO AJUSTE DE MODELOS DE TAPER PARA EUCALIPTO NO SUL DO TOCANTINS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Tocantins como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Carlos Lima de Andrade

**GURUPI - TO  
2017**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
(CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do  
Tocantins**

---

G562i GLORIA JUNIOR, MURILO AZEVEDO.  
INFLUÊNCIA DA CUBAGEM RIGOROSA NO AJUSTE DE  
MODELOS DE TAPER PARA EUCALIPTO NO SUL DO TOCANTINS.  
/ MURILO AZEVEDO GLORIA JUNIOR. - Gurupi, TO, 2017.

34 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal  
do Tocantins - Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-  
Graduação (Mestrado) em Ciências Florestais e Ambientais,  
2017.

Orientador: VALDIR CARLOS LIMA DE ANDRADE

1. Corymbia citriodora. 2. Biometria Florestal. 3.  
Multiprodutos. 4. Perfil do tronco. I. Título

**CDD 628**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS - A reprodução total ou parcial, de  
qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado  
desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº  
9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

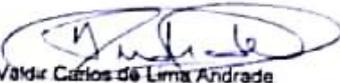
**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha  
catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a)  
autor(a).**



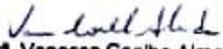
**Defesa nº 056/2017**

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de MURILO AZEVEDO GLORIA JUNIOR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS.**

Aos 11 dias do mês de outubro do ano de 2017, às 08 horas, na sala 15, do edifício Bala II, no Campus de Gurupi, da Universidade Federal do Tocantins – UFT, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros Prof Orientador Dr VALDIR CARLOS LIMA DE ANDRADE da Universidade Federal do Tocantins, Prof Dr SAULO DE OLIVEIRA LIMA da Universidade Federal do Tocantins e Profª Drª VANESSA COELHO ALMEIDA da Universidade Federal do Tocantins, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de MURILO AZEVEDO GLORIA JUNIOR, intitulada "Influência da cubagem rigorosa no ajuste de modelos de taper para eucalipto no sul do Tocantins". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo parecer favorável à aprovação, com as devidas ressalvas e correções apontadas pela banca examinadora, habilitando-o ao título de Mestre em Ciências Florestais e Ambientais. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Dr. Valdir Carlos de Lima Andrade  
Universidade Federal do Tocantins  
Orientador e presidente da banca examinadora

  
Dr. Saulo de Oliveira Lima  
Universidade Federal do Tocantins  
Primeiro examinador

  
Drª. Vanessa Coelho Almeida  
Universidade Federal do Tocantins  
Segunda examinadora

Gurupi, 11 de outubro de 2017.

  
Marcos Giorgio  
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais

## DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTO

“A Deus, aos meus pais Murilo e Lucia e a toda minha família”.

### **DEDICO.**

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada, que permitiu que tudo isso acontecesse, e não somente nestes anos, na academia como universitário, e na vida como engenheiro, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a etapa de mestrando, em especial ao Prof. Dr. Valdir Carlos Lima de Andrade, a quem devo grande parte do meu conhecimento e é responsável pela realização deste trabalho.

Agradeço e dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais (Murilo e Lucia), e minha irmã (Milena Cristina) e a todos os demais familiares.

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade, que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Agradeço a Rural Tocantins, sediada em Miracema do Tocantins – TO, pela oportunidade e confiança dada aos meus serviços profissionais.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha vida acadêmica, o meu muito obrigado.

**Obrigado a todos!**

## RESUMO

Neste trabalho objetivou-se avaliar modelos de taper utilizando-se dados obtidos em uma cubagem rigorosa absoluta e em outra cubagem relativa para o *Corymbia citriodora*. Os dados foram obtidos em um plantio comercial localizado na região do município de Gurupi, região Sul do Estado do Tocantins. Foram coletados dados de 35 árvores-amostra, cujos dados se utilizou no ajuste 5 modelos de taper, Schöepfer, Demaerschalk, Ormerod, Hradetzky e Biging. Na avaliação destes, adotou-se os critérios estatísticos: erro padrão da estimativa, coeficiente de determinação ajustado e desvio médio, além da análise da distribuição dos resíduos. Concluiu-se que o modelo de Hradetzky (1976) foi o que mais se ajustou para descrever o perfil do tronco de *Corymbia citriodora* na região Sul do Tocantins e o modelo de Biging, utilizando a cubagem absoluta, foi o que apresentou melhor predição dos diâmetros seguido de Hradetzky, ambos sendo adequados para quantificar multiprodutos da madeira de *Corymbia citriodora*.

Palavras-chave: *Corymbia citriodora*; Biometria Florestal; multiprodutos

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate taper models, together with two forms of absolute and relative rigor, for *Corymbia citriodora* in a commercial plantation located in the municipality of Dueré, southern region of the State of Tocantins. Data were collected from 35 sample trees, whose data were used in the adjustment of 5 taper models, Schöepfer, Demaerschalk, Ormerod, Hradetzky and Biging. In the evaluation of these, the statistical criteria were adopted: standard error of the estimate, adjusted coefficient of determination and mean deviation, and the complementary analysis of graphical distribution of the residues. It was concluded that the model of Hradetzky (1976) was the one that most fit to describe the profile of the trunk of the species *Corymbia citriodora* in the South region of Tocantins, and the model of Biging using the absolute cuba was the one that presented better prediction of the diameters , followed by Hradetzky, both being suitable to quantify multiproducts of the wood of *Corymbia citriodora*.

Keywords: *Corymbia citriodora*; Biometric forest; multiproducts

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
2.1 O EUCALIPTO .....	9
2.2 MODELOS DE TAPER .....	10
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS E MODELOS DE TAPER UTILIZADOS.....	13
3.2 ESTATÍSTICAS DE AVALIAÇÃO DE AJUSTE.....	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: COEFICIENTES ESTIMADOS E ESTATÍSTICAS DE AJUSTE DE CINCO MODELOS DE TAPER COM DUAS FORMAS DE CUBAGEM. ...	17
TABELA 2: RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA, EM RELAÇÃO AOS MODELOS AVALIADOS E AS CLASSES DIAMÉTRICAS CONTIDAS NO POVOAMENTO DE <i>C. CITRIODORA</i> .....	20
TABELA 3: RESULTADOS DO TESTE DUNNETT PARA AVALIAR OS MELHORES MODELOS DE TAPER VALIDADOS EM UM PLANTIO DE <i>C. CITRIODORA</i> NO SUL DO TOCANTINS. ....	20

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: REGIÃO DE COLETA DOS DADOS UTILIZADOS NESTE TRABALHO.....	13
FIGURA 2: DISTRIBUIÇÃO DE RESÍDUOS (%) EM RELAÇÃO DO DIÂMETRO REAL DO TRONCO PARA CINCO MODELOS DE TAPER AJUSTADOS PARA <i>C. CITRIODORA</i> . EM QUE: (A) CUBAGEM ABSOLUTA E (B) CUBAGEM RELATIVA.....	19

## 1 INTRODUÇÃO

As plantações florestais se intensificaram no país a partir dos anos 60 motivadas especialmente por incentivos fiscais e passando a ganhar destaque no cenário nacional e internacional com a formação dos maciços florestais. Esses maciços, compostos principalmente por espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, tiveram a produção de madeira industrial como o principal alvo do manejo para fins comerciais.

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e, atualmente, conta com cerca de 800 espécies nativas da Austrália e ilhas circunvizinhas. Apresenta crescimento rápido e boa adaptação às condições edafobioclimáticas brasileiras, constituindo-se na principal opção comercial para a oferta de madeira para diversos usos. Neste ínterim, a cultura do eucalipto se destaca com grande importância no Brasil dada a contínua expansão do setor florestal brasileiro, tendo forte participação na economia do país (SILVA 2013).

Diante disso, o estudo sobre modelos de taper é essencial, pois através destes podem representar o decréscimo do diâmetro ao longo do fuste das árvores de eucalipto. Estes modelos, também conhecido como modelos de perfil do tronco ou afilamento, permitem estimar o diâmetro ao longo do fuste, a altura total e altura de determinado diâmetro, possibilitando estimar também o volume da madeira a destinar para determinada finalidade (QUEIROZ *et al* 2006).

A aplicação de modelos de taper é um poderoso instrumento para avaliar biológica e economicamente o maciço florestal e a resposta às práticas de manejo executadas, já que permitem valorar de maneira detalhada o rendimento do povoamento florestal. Serve, portanto, como base para o planejamento do manejo florestal sustentável, foco de muitos estudos de produção florestal, indicando,

principalmente os volumes comerciais e parciais ao longo do fuste, como forma de maximizar o aproveitamento da madeira pelo sortimento.

Para Husch et al. (2003), os modelos de afilamento são flexíveis e possibilitam estimar o diâmetro a uma altura qualquer do fuste, estimar a altura comercial relativa a um diâmetro mínimo de uso, bem como estimar o volume parcial ou total do fuste, via integração da área das seções do tronco. Também, podem ser utilizados para definir os diferentes usos para o fuste, assim como determinar o método mais adequado ao seu processamento (ÂNGELO et al., 1997).

Muitos estudos sobre modelos de Taper, já foram desenvolvidos no Brasil e se nota uma predominância dos modelos de Demaerschalk (1973), Hradtzky (1976), Schöpfer (1966), Ormerod (1973), Biging (1984) e Kozak (1969), conforme se nota nos trabalhos de: Schneider et al. (1996), Figueiredo *et al.* (2006), Leite *et al.* (2006), Miguel *et al.* (2011), Soares *et al.* (2011), Lanssanova *et al.* (2013), Wang e Baker (2005) e Rongxia e Weiskittel (2010) dentre muitos outros. No entanto, esses trabalhos apresentam formas diferentes de obtenção dos dados amostrais, onde se utilizam posições absolutas ao longo do perfil do tronco ou posições relativas a este, para obter as variáveis de interesse. Com isto, surge uma pergunta sobre qual a melhor forma de obtenção desses dados, dados esses, que são a base em ajustes de modelos de Taper.

Dado o exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar dois tipos de cubagem rigorosa no ajuste de modelos de Taper para *Corymbia citriodora* no Sul do Tocantins.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O Eucalipto

Conforme Moura e Garcia (2000), as espécies de *Eucalyptus* mais utilizadas no mundo são *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus viminalis*, *Eucalyptus saligna*.

As diferentes espécies de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) tem sido amplamente utilizada em sistemas integrados de produção com forrageiras e também com espécies agrícolas. As justificativas para a maior adoção dessa espécie são várias, tais como adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para produção de madeira para usos múltiplos, disponibilidade de mudas, conhecimento silvicultural e existência de material genético melhorado (OLIVEIRA NETO e PAIVA, 2010).

Segundo Queiroz e Barrichelo (2007) a taxa de crescimento do eucalipto fez com que há muito tempo o gênero tenha sido introduzido em países que precisavam repor suas florestas. No Brasil há registros do seu cultivo em escala econômica a partir de 1908, por meio do silvicultor Edmundo Navarro de Andrade com o intuito de atender a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, que demandava dormentes e lenha para combustível, e posteriormente, postes para eletrificação.

A partir dos anos 40 as siderúrgicas mineiras começaram a aproveitar a madeira do eucalipto transformando-a em carvão utilizado no processo de fabricação do ferro-gusa. Posteriormente foi a vez do setor de papel e celulose adotar o eucalipto como matéria prima para sua atividade (QUEIROZ e BARRICHELO 2007).

Diversos produtos podem ser obtidos a partir do eucalipto, tendo a madeira como seu principal produto e possui inúmeras aplicações como: combustível, postes, carvão, celulose e papel, estacaria, dormentes, etanol celulósico, construção civil,

painéis de madeira reconstituída e marcenaria. Além da madeira, ainda existe os subprodutos, em que suas folhas, por possuírem óleos essenciais, são usados na indústria de higiene e limpeza, cosméticos e fármacos (CISB, 2008).

## **2.2 Modelos de Taper**

Segundo Gomes, (1957); Larson, (1963); Finger et al., (1995) o fuste das árvores apresentam forma bastante variável, de acordo com a espécie e até mesmo na mesma espécie. A forma varia de indivíduo para indivíduo, conforme as condições edafo-climáticas e os tratamentos silviculturais em que cada árvore é submetida e se desenvolve. A forma também varia ao longo da idade, quer como um fenômeno evolutivo natural, ou como resultado da concorrência com as árvores vizinhas.

De acordo com Husch *et al.* (1972), existem grandes variações na forma dos troncos, ocorrendo um decréscimo em diâmetro da base para o topo, sendo grosseiramente falando, semelhança a um cone. Para se estudar esse decréscimo, são utilizadas técnicas de modelagem, este decréscimo em diâmetro, conhecido como afilamento ou taper, tem efeito importante no volume das árvores, devido a este fato o seu conhecimento é de fundamental importância no inventário florestal.

Modelos de afilamento constituem uma importante ferramenta estatística de uso corrente na determinação dos perfis de troncos na área florestal, pois permitem ao usuário estimar três características básicas das árvores: diâmetro em qualquer ponto do fuste; altura total ou a que se encontra em um determinado diâmetro limite especificado no fuste e o volume entre pontos quaisquer do fuste (PRODAN et al 1997).

Segundo Schneider et al. (1996), uma das grandes dificuldades do manejo florestal é a avaliação econômica dos povoamentos florestais, pois não existe tabelas de sortimento apropriadas para determinações rápidas do estoque de madeira para diferentes tipos de aproveitamento. O conhecimento de como se desenvolve os

sortimentos de um povoamento florestal ao longo dos anos é uma importante ferramenta de planejamento da produção florestal, permitindo um melhor aproveitamento da madeira, reduzindo o volume de resíduos gerados e aumentando consequentemente os lucros.

As funções de afilamento podem ser usadas em modelos de crescimento e produção e em simulação do traçamento de toras, quando se deseja conhecer seu sortimento. Conforme Souza (2007) as funções de afilamento são uma excelente opção para quantificação dos sortimentos dos povoamentos florestais. A gama de informações que propiciam tem levado ao desenvolvimento de diferentes técnicas de modelagem do perfil dos fustes das espécies florestais

Segundo Campos e Leite (2009), existem vários modelos de afilamento descritos como simples, segmentados e polinomiais. Os simples são aqueles em que uma única função representa a forma do fuste da base até o ápice. Modelos segmentados são mais difíceis de serem trabalhados e constituem uma variação dos modelos polinomiais, sendo ajustados por seções do fuste, duas ou três seções. Os modelos polinomiais são caracterizados por ajuste de regressão entre a relação de diâmetros ao longo do tronco sobre dap ( $d_i/d$ ) e de altura ao longo do tronco sobre altura total ( $h_i/h$ ), a variável dependente é dada pela razão entre os diâmetros superiores e o DAP.

Borges (1981) buscou desenvolver uma metodologia para estimar o volume de toras de *Pinus taeda* para serraria, com base em funções de forma do perfil do tronco. Muller (2004) estudou a forma do tronco de *Eucalyptus grandis* Hill, empregando Schoepfer (1966) para descrever sua forma e determinar os volumes totais e volumes dos sortimentos para o povoamento.

Existem vários modelos de afilamento encontrados na literatura e testados em inúmeras pesquisas com variadas espécies, como relatam os trabalhos mais recentes

de Silva et al.; (2011), Yoshitani Junior et al.; (2012), Leite et al.:(2011), Môra (2011), Miguel et al., (2011), Favalessa et al., (2012), Souza et al., (2012), Kohler (2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção dos dados e modelos de taper utilizados

Foram coletados dados de 35 árvores-amostra em um plantio de *C. citriodora* com idade aproximada de 4,583 anos, localizado próximo do município de Gurupi, região Sul do estado do Tocantins (Figura 1). Nessa região, o clima enquadra-se no tipo Aw com duas estações bem definidas: seca no inverno, iniciando no mês de maio, estendendo-se até o fim de setembro e úmida no verão, que tem início em outubro indo até o mês de abril (segundo a classificação de Köppen). A precipitação média é de 1.714 mm por ano.

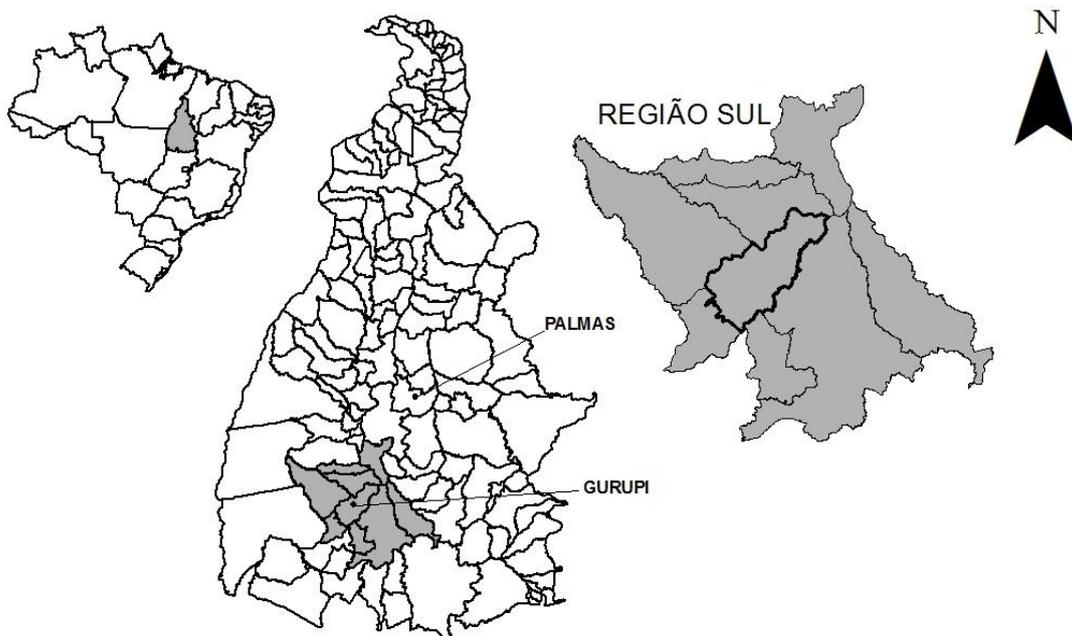


Figura 1: Região de coleta dos dados utilizados neste trabalho

As árvores foram abatidas e tiveram seus diâmetros mensurados com e sem casca em diferentes posições relativas e absolutas ao longo do tronco. Na cubagem relativa, foram adotadas as posições: 0,5%, 1,5%, 3,5%, 10%, 25%, 45%, 65%, 77,5%, 82,5 e 87,5% da altura total. Já, na cubagem absoluta, foram obtidos os diâmetros nas posições: 0,1 m, 0,3 m, 0,6 m, 1,3 m e, daí em diante, a cada 1 m até o diâmetro mínimo de aproximadamente 2 cm com casca.

Os dois métodos de cubagem, relativa e absoluta, foram adotados para avaliar se há ou não alguma influência de ambos no ajuste de modelos de taper. Para isso, foram utilizados os seguintes modelos de taper:

$$\left(\frac{d_i}{d}\right) = [\beta_0 + \beta_1(z) + \beta_2(z)^2 + \beta_3(z)^3 + \beta_4(z)^4 + \beta_5(z)^5] + \varepsilon \quad (1) \text{ Modelo de Schöepfer (1966)}$$

$$\left(\frac{d_i}{d}\right) = (10)^{\beta_0} (d)^{(\beta_1-1)} (L)^{\beta_2} (h)^{\beta_3} + \varepsilon \quad (2) \text{ Modelo de Demaerschalk (1972)}$$

$$\left(\frac{d_i}{d}\right)^2 = \left[\left(\frac{h_i-h}{(h-1,3)}\right)\right]^{2\beta_1} + \varepsilon \quad (3) \text{ Modelo de Ormerod (1973)}$$

$$\left(\frac{d_i}{d}\right) = \beta_0 + \beta_1(z)^{p_1} + \beta_2(z)^{p_2} + \dots + \beta_n(z)^{p_n} + \varepsilon \quad (4) \text{ Modelo de Hradetzky (1976)}$$

$$d_i = d \left\{ \beta_1 + \beta_2 \text{Ln} \left[ 1 - \left(\frac{h_i}{h}\right)^{\frac{1}{3}} \left(1 - e^{-\frac{\beta_1}{\beta_2}}\right) \right] \right\} + \varepsilon \quad (5) \text{ Modelo de Biging (1984)}$$

Em que:  $d_i$  = diâmetro na altura  $h_i$  (cm),  $d$  = DAP(cm),  $h$  = altura total(m),  $h_i$  = altura no tronco onde se mediu  $d_i$  (m),  $L = h - h_i$ ,  $\beta_i$  = parâmetros da regressão à serem estimados,  $z = \left(\frac{h_i}{h}\right)$ ,  $p_i$  = expoentes inteiros e fracionários,  $e$  = logaritmo neperiano,  $\varepsilon$  = erro aleatório do modelo.

Os modelos escolhidos são os mais testados no Brasil (Andrade e Schmitt, 2017), sendo o modelo 1 conhecido como polinômio de 5º grau, o qual foi utilizado para descrever o perfil de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* na região sul do Brasil (Figueiredo Filho et al., 1996).

Segundo Scolforo et al. (1998), o polinômio de 5º grau propicia estimativas acuradas do diâmetro na base das árvores. Na região de Jaguariaíva-PR, Assis et al. (2002), estudando estimativas dos diâmetros e dos volumes ao longo do fuste de *Pinus taeda*, concluiu que o polinômio de 5º grau apresentou baixa acuracidade quando comparado com o modelo de Hradetzky (1976).

Os modelos 2 e 3, de característica não linear, são os modelos de Demaerschalk (1972) e de Ormerod (1976), respectivamente. Segundo Lima (1986) ao avaliar o modelo 1 com estimativa do diâmetro, altura e volume a 50% da altura

comercial, verificou-se que é um dos mais precisos. Já, Chichorro et al. (2003), concluíram que o modelo de Demaerschalk (1972) gerou uma equação de taper tendo boa precisão. Também, Lima (1986), trabalhando com dados de *Pinus elliottii*, verificou que o modelo de Ormerod se mostrou menos preciso em comparação aos modelos de Biging (1984) e Demaerschalk (1972).

Quanto ao modelo 3, denominado de Polinômio de Potências Inteiras e Fracionárias, foi proposto por Hradetzky (1976), o qual sugeriu a utilização de potências inteiras da ordem de dezenas para representar a base da árvore, em conjunto com potências fracionárias, para representar a porção superior do fuste, por meio do procedimento “stepwise”. Observa-se nesse modelo, que os expoentes inteiros e fracionários variam desde 0,00001 a 95.

De acordo com Scolforo et al. (1998), o polinômio de potências fracionárias e inteiras, propicia estimativas acuradas do diâmetro na base das árvores. Segundo o mesmo, para se obter uma equação que propicia maior número de casos com estimativa acurada do diâmetro, mas sem uniformidade nestas ao longo do perfil do fuste, o polinômio de potências fracionárias e inteiras é recomendado.

O modelo de Biging (1984) é uma função de afilamento não-segmentada e é considerada por muitos autores, como Souza et al. (2008), uma função que descreve bem o perfil das árvores.

### **3.2 Estatísticas de avaliação de Ajuste**

Na avaliação dos modelos, além da análise da distribuição de resíduos, foram adotados o erro padrão residual (EPR) e o coeficiente de determinação ajustado (CDA) Tais critérios e procedimentos de análise podem ser vistos em Couto e Vettorazzo (1999), Machado et al. (2002), Rezende et al. (2006), Rocha et al. (2010), Rufini et al. (2010), Loureiro et al. (2012) e Miguel et al. (2012).

Visando complementar a análise com as duas metodologias de cubagem, realizou-se a análise de variância por meio de um delineamento inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas ( $DIC_{Sub}$ ) com 5% de significância. Neste experimento, as parcelas foram as classes diamétricas num total de 7 classes, as subparcelas se designou como sendo os tratamentos que, neste caso, é o diâmetro do tronco real e os obtidos pelos modelos de taper. Já, como repetição, foram consideradas as cinco árvores-amostras por classe de diâmetro.

No caso de haver significância, aplicou-se o teste Dunnett também com 5% de significância. Este teste foi utilizado por ser indicado quando se deseja saber diferenças entre tratamentos e testemunha e não entre tratamentos, conforme explicam Banzatto e Kronka (1992), Cardellino e Siewerdt (1992), Oliveira (2008), Souza (2012), Broch e Ferreira (2013).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes estimados para os cinco modelos testados, com suas respectivas estatísticas de ajuste, são apresentados na Tabela 1. Como os modelos são ajustados com a variável de interesse transformada, e por possuírem número de variáveis independentes diferentes entre si, é necessário que se use o Coeficiente de Determinação ajustado (CDA) e Erro Padrão residual (EPR) ambos recalculados.

Em geral, os modelos testados apresentaram CDA superior a 0,97 e EPR entre 8% e 11%. Exceção se fez o modelo de Ormerod que, para ambas as formas de cubagem, essas estatísticas CDA e EPR foram as piores. Já, o modelo de Hradetzky, mostrou os maiores valores de CDA em todas as formas de cubagem, seguindo do Polinômio do Quinto Grau.

Tabela 1: Coeficientes estimados e estatísticas de ajuste de cinco modelos de taper com duas formas de cubagem.

CUBAGEM ABSOLUTA									
Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	CDA	EPR	EPR%
Quinto Grau	1,2694	-3,6747	13,405	-27,827	26,430 1	- 9,5549	0,977	0,666	8,09
Demaerschalk	0,2938	1,0441	0,7795	-1,0245			0,970	0,759	9,22
Ormerod		0,9129					0,945	1,026	12,47
Hradetzky	58,896	-0,6249	0,1948	-57,913	-0,4437		0,978	0,660	8,02
Biging		1,3064	0,4804				0,975	0,691	8,39
CUBAGEM RELATIVA									
Modelos	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	CDA	EPR	EPR%
Quinto Grau	1,292	-4,063	16,224	-35,659	35,701	- 13,483	0,973	0,821	10,55
Demaerschalk	0,3182	1,0476	0,7724	-1,0335			0,973	0,826	10,62
Ormerod		1,5154					0,838	2,000	25,72
Hradetzky	47,330	-0,6877	1,2872	-46,268	-1,382		0,974	0,808	10,39
Biging		1,3291	0,4738				0,972	0,828	10,65

Em que: em que:  $\beta_i$  = coeficientes estimados dos modelos, demais conforme definidos anteriormente. Os valores em caixa menor sob escritos referem-se as potências do modelo Hradetzky definidas por Stepwise para ajuste.

Ferreira (2004), ao trabalhar com modelos de Taper para *Pinus taeda*, na região norte do Estado do Paraná, verificou a superioridade do polinômio de potencias

fracionarias e inteiras (Hradetzky) na maioria das posições. Já, Einfeld et al. (2004), para esta mesma espécie, concluíram pelos modelos do polinômio do 5º grau e o de Hradetzky com perfis semelhantes. Também, Silva et al. (2011), ao avaliar modelos de taper para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro, obteve para os modelos de Ormerod e Demaerschalk os piores desempenhos, devido a sua pouca flexibilidade em descrever o perfil da árvore, mas, observaram o melhor desempenho do modelo de Hradetzky.

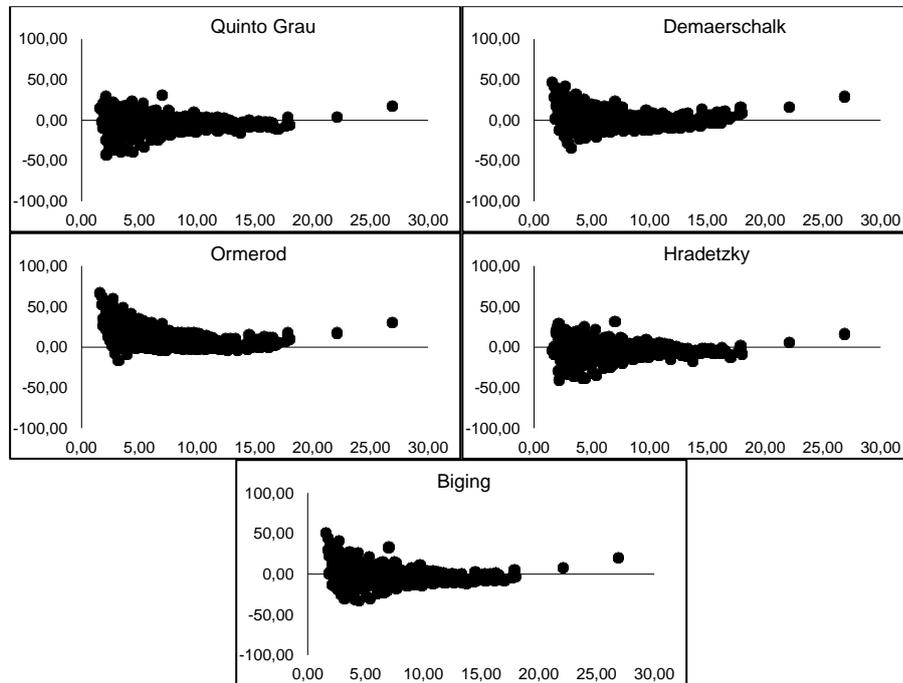
Schneider et al. (1996), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, concluiu que o polinômio do 5º grau apresentou-se melhor para estimar números de toras e volume relativo no Rio Grande do Sul. Já, para *Eucalyptus urophylla* no norte de Goiás, região próxima à do presente estudo, Miguel et al. (2011) observaram que o modelo de potências fracionarias de Hradetzky apresentou os melhores resultados, seguido do polinômio do 5º grau. Também, Ribeiro e Andrade (2016), trabalhando com *Eucalyptus camaldulensis* no estado do Tocantins, obtiveram superioridade para o modelo de Hradetzky.

Por outro lado, a fim de complementar a avaliação dos modelos de Taper, elaborou-se os gráficos de distribuição de resíduos (Figura 2). Nesta, se verifica que os modelos Polinômio do Quinto Grau, Hradetzky e Biging apresentam as melhores distribuições de resíduos. Aliando essa distribuição residual com os resultados de R<sup>2</sup> e EPR%, verifica-se que o modelo de Hradetzky através da cubagem rigorosa absoluta se mostrou mais adequado para caracterizar o perfil do tronco de árvores de *C. citriodora* no Sul do Tocantins.

Considerando a Tabela 1 e a Figura 2, pode-se verificar que os modelos de taper apresentam-se melhores quando se utilizam no seu ajuste os dados de cubagem absoluta. Também, conforme a Figura 2, nota-se que os modelos que foram considerados como melhores na cubagem absoluta, não apresentam erros superiores

a 50% ao contrário do que acontece com os mesmos modelos ajustados com os dados de cubagem relativa.

(a)



(b)

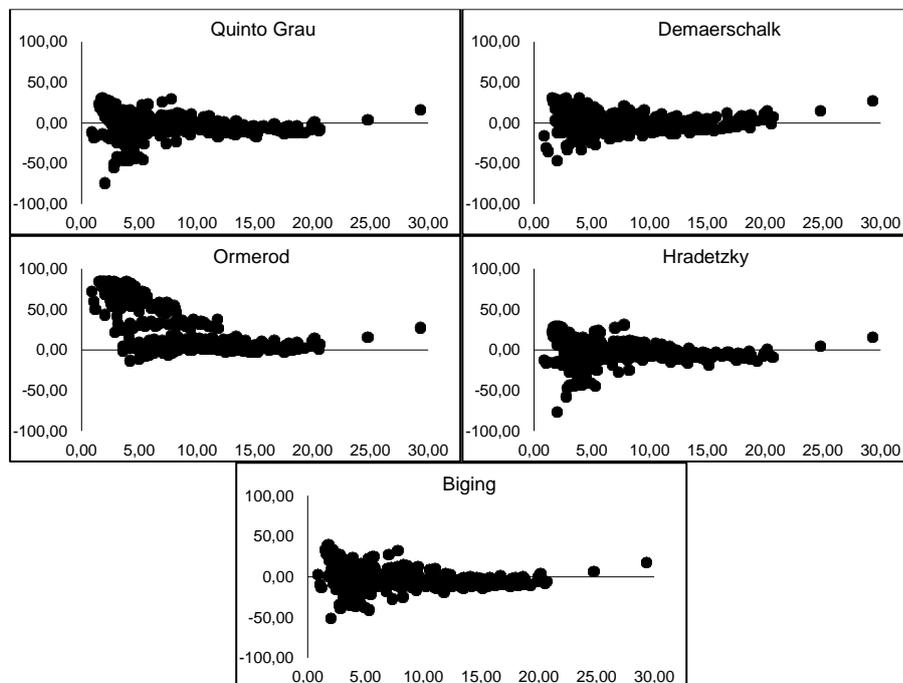


Figura 2: Distribuição de resíduos (%) em relação do diâmetro real do tronco para cinco modelos de taper ajustados para *C. citriodora*. Em que: (a) cubagem absoluta e (b) cubagem relativa.

Em continuidade à análise, utilizando-se os melhores modelos (Hradetzky, Polinômio do Quinto Grau e Biging), procedeu-se à uma análise de variância por meio de um delineamento inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas ( $DIC_{Sub}$ ), cujos resultados estão na Tabela 2.

Nota-se na Tabela 2 que a análise de variância mostrou diferença significativa entre as classes de diâmetro, entre os modelos avaliados e que o teste foi significativo para interação. Isso mostra que os fatores modelos e classe de diâmetro agem dependentes ao estimar a variável diâmetro, sendo necessário realizar o desdobramento dos modelos dentro das classes para posterior aplicação do teste Dunnett (BANZATTO e KRONKA, 1992), cujos resultados estão na Tabela 3.

Tabela 2: Resultado da análise de variância, em relação aos modelos avaliados e as classes diamétricas contidas no povoamento de *C. citriodora*.

<b>F.V</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Classe	6	2029,962	338,3270	159,331**
Residuo (a)	29	59,456	2,1234	
Parcelas	35	2089,418		
Modelos	6	2,607	0,4346	57,082**
Interação (C x M)	36	4,990	0,1386	18,205**
Residuo (b)	167	1,3	0,0076	
Total Geral	244	2098,294		

Tabela 3: Resultados do Teste Dunnett para avaliar os melhores modelos de Taper validados em um plantio de *C. citriodora* no Sul do Tocantins.

	<b>Nota Erro Médio</b>							<b>EMD</b>	<b>Nº ns</b>	<b>Ranking</b>
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>	<b>C7</b>			
<b>QG rel</b>	0,495	0	0	0,199	0,453	0,705	0,864	0,388 <sup>5</sup>	2 <sup>2</sup>	7
<b>HRT rel</b>	0,494	0	0	0,178	0,417	0,668	0,818	0,368 <sup>4</sup>	2 <sup>2</sup>	6
<b>BGG rel</b>	0,413	0	0	0,292	0,535	0,792	0,946	0,425 <sup>6</sup>	2 <sup>2</sup>	8
<b>QG abs</b>	0,536	0	0	0	0,307	0,537	0,670	0,293 <sup>3</sup>	3 <sup>1</sup>	4
<b>HRT abs</b>	0,546	0	0	0	0,264	0,489	0,616	0,269 <sup>1</sup>	3 <sup>1</sup>	2
<b>BGG abs</b>	0,511	0	0	0	0,258	0,476	0,591	0,272 <sup>2</sup>	3 <sup>1</sup>	3

Em que: QG rel/abs, HRT rel/abs e BGG rel/abs referem-se aos melhores modelos que foram submetidos ao  $DIC_{Sub}$ ; C1, C2... C7 as classes de diâmetro de 1 a 7 respectivamente; EMD erro médio Dunnett; Nº ns refere-se ao número de classes não significativa pelo teste Dunnett.

Ao atribuir notas nos resultados do teste Dunnett (Tabela 3), foi possível obter os valores de ranking que norteiam à escolha do melhor modelo de Taper para *C. citriodora* no Sul do Tocantins, aliado à melhor forma de se realizar a cubagem rigorosa para o seu ajuste. Assim, percebe-se que a cubagem absoluta diminui o número de classes diamétricas significativas pelo teste Dunnett, demonstrando que essa forma de cubagem favorece as classes no ajuste dos modelos de taper.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste trabalho, pôde-se concluir que:

- 1) O modelo de Hradetzky é o que melhor se ajustou para *C. citriodora*.
- 2) Os modelos de Ormerod e Demaerschalk apresentaram o pior desempenho.
- 3) A cubagem absoluta apresentou melhor nível e precisão do ajuste dos modelos quando comparada com a cubagem relativa.
- 4) A análise de distribuição de resíduos é indispensável como critério de decisão na seleção de modelos de taper.
- 5) O ajuste do modelo de Hradetzky com dados de cubagem rigorosa absoluta, é mais indicado para estimar uma equação de taper para descrever o perfil do tronco de *C. citriodora* no sul do Tocantins.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, V. C. L.; LEITE, H. G. Análise do perfil do tronco de árvores utilizando geometria analítica. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 35p. (**Relatório não publicado de iniciação científica sem bolsa de pesquisa (Graduação em Engenharia Florestal)**). Universidade Federal de Viçosa, 1997

ANGELO, H. et al. Análise de componentes principais e função spline para definir a forma do tronco de *Pinus* tropicais, **Floresta**, v.25, n.1/2, p.55-67, 1997.

ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; JÚNIOR, F. W. A.; OLIVEIRA, A. D. Avaliação de modelos polinomiais não-segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*. **Ciencia Florestal**. Santa Maria, Brasil V. 12, n.1, p. 89-107. 2002.

BANZATTO, A. D.; KRONKA, S. do N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

BERTOLA, A. **Uso de fotografias digitais para quantificar o volume sólido de madeira empilhada**. 2002.85f: Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002.

BIGING, G.S. Taper equations for second mixed-conifers of Northern California. **Forest Science**, v. 30, n.4, p.1103-1117, 1984.

BROCH, S. C.; FERREIRA, D. F. Distribuições multivariadas das estatísticas do teste de dunnett não-central. **Rev. Bras. Biom.**, São Paulo, v.31, n.4, p.501-515, 2013.

CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal**, Perguntas e Respostas. 3. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 548 p.

CARDELLINO, R. A.; SIEWERDT, F. Utilização adequada e inadequada dos testes de comparação de médias. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 985-995, 1992.

CECON, P. R. Métodos estatísticos I. Viçosa: UFV, 1996.

CHICHORRO, J. F.; RESENDE, J. L. P.; LEITE, H. G. Equações de volume e de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta atlântica. **Revista Árvore**. Viçosa – MG. v.27, n.6, p.799-809. 2003.

CISB-CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do Eucalipto: Oportunidades para um desenvolvimento sustentável**. Piracicaba, 2008, 20p

CUNHA, U.S.; Dendrometria e Inventário Florestal. Escola Agrotécnica Federal de Manaus. Manaus, 2004.

DEMAERSCHALK, J. P. Converting volume equations to compatible taper equations. **Forest Science**, v. 18, n.3, p. 241-245, 1972.

DEMAERSCHALK, J. P. Integrated systems for the estimation of three taper and volume. **Canadian Journal Forest Research**, v. 3, n.1, p. 90-94, 1973.

EISFELD, R.L.; MELLO, A.A.; SANQUETTA, C.R.; WEBER, K.S. Avaliação de modelos polinomiais na estimativa de volume total e por sortimento de *Pinus taeda*. **Brasil Florestal**, Brasília, n.79, p.9-15, 2004.

FAVALESSA, C. M. C.; UBIALI, J. A.; CALDEIRA, S. F.; DRESCHER, R. Funções de afilamento não segmentadas e segmentadas para *Tectona grandis* na região centro-sul matogrossense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo - PR, v. 32, n. 72, p. 378-387, out/dez. 2012.

FERREIRA, M.Z. **Estudo de funções de afilamento para representar o perfil e o volume do fuste de *Pinus taeda* L.** 2004. 196p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

FIGUEIREDO, E. O.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D. Seleção de modelos polinomiais para representar o perfil e volume do fuste de *Tectona grandis* L. f. **Acta Amazonica**, v. 36, p. 465 - 482, 2006.

FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da resinagem no crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* e sua avaliação econômica**. Curitiba: UFPR – Setor de Ciências Agrárias, 1991, 138p. (Tese – Doutorado em Engenharia Florestal).

FIGUEIREDO FILHO, A.; BORDERS, B. E.; HITCH, K. L. Taper equations for *Pinus taeda* plantations in southern Brazil. **Forest ecology and Management**, Amsterdam, v.83, n.1/2, p.36-46, June 1996.

FINGER, C.A.G., ZANON, M.L.B., SCHNEIDER, P.R. et al. Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden, implantados na depressão central e encosta do sudeste do Rio Grande do Sul. Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, v.25, n.3, p.399-403, 1995.

GOMES, A.M.A. **Medição dos árvoredos**. Lisboa: Livraria Sá da Costa, 1957. 413p.

HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abränger keiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellen forschungs projekten)**. Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, Helf 76, 1976. 146p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).

Husch B, Beers TW, John AK. **Forest Mensuration**. New Jersey: John Wiley e Sons; 2003

KOHLER, S. V. **Evolução do afilamento do tronco e do sortimento em plantios de Pinus taeda nos estados do Paraná e Santa Catarina**. 2013, 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR.

KOZAK, A.; MUNRO, D.D.; SMITH, J.H.G. Taper Functions and their Application in Forest Inventory. **The Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p.278- 283, 1969.

LANSSANOVA, L. R.; UBIALLI, J. A.; ARCE, J. E.; PELISSARI A. L.; FAVALESSA, C. M. C.; DRESCHER, R. Avaliação de funções de afilamento para a estimativa de diâmetro de espécies florestais comerciais do bioma amazônico mato-grossense. **Floresta**, v. 43, p. 215 - 224, 2013.

LARSON, P.R. **Stem form development of forest tree**. Forest Science Monograph 5. 1963. P.41. Washington.

MEUNIER, I. M. J.; SILVA, J. A. A. da; FERREIRA, R. L. C.. **Inventário florestal: programas de estudo**. Recife: Imprensa universitária da UFRPE, 2002. 189p.

LEITE, G. H.; OLIVEIRA-NETO, R. R.; MONTE, M. A.; FARDIN, L.; ALCANTARA, A. M.; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis**, Piracicaba - SP, v. 39, n. 89, p. 053-059, mar. 2011.

LOUREIRO, G. H.; CURTO, R. A. ; ROSOT, N. C ; MARANGON, G. P. . Avaliação de equações de afilamento em um plantio de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze utilizando o diâmetro como variável dependente. **In: Congresso Florestal Paranaense**, 2012, Curitiba - PR. 4º Congresso Florestal Paranaense, 2012.

MACHADO, S. A.; URBANO, E.; CONCEIÇÃO, M. B. da; FIGUEIREDO FILHO, A.; FIGUEIREDO, D. J. de . Comparação de modelos de afilamento do tronco para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Boletim de pesquisa florestal** - Unidade Regional de Pesquisa Florestal, Colombo, v. 48-nº1, p. 41-64, 2005.

MIGUEL, E. P. **Desenvolvimento de equações hipsométricas e vólumétrica para estimar o volume total e comercial de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás.** Curitiba: UFPR, 2009. (Dissertação de Mestrado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná).

MIGUEL, E. P.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; ARCE, J. E. Modelos polinomiais para representar o perfil e o volume do fuste de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás. **Floresta**, v. 41, p. 355-368, 2011

MÔRA, R. **Influência da forma de ajuste e do comprimento das seções no desempenho de funções de afilamento.** 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES.

MOURA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil.** Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo, 2000. 114p.

MÜLLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHENEIDER, P. R. Forma do tronco e sortimentos de Madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, na região sudeste do estado do Rio grande do sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.15, n.3, p. 293-305. Santa Maria. 2004.

OLIVEIRA, A. F. G. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p.777-788, 2008.

OLIVEIRA NETO, S. N., PAIVA, H.N. **Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril.** In: Oliveira Neto, S. N., Vale, A.B., Nacif, A.P., Vilar, M.B., Assis, J.B. (Ed.). Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, p.15-68, 2010.

ORMEROD, D.W. A simples bole model. **The Forestry Chronicle**, v. 49, n. 3, p.136-138, 1973.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F. **Mensura Forestal.** San José, Costa Rica: IICA, 1997. 586p.

QUEIROZ, D.; MACHADO, S. A.; FILHO, A. F.; ARCE, J. E.; KOEHLER, H. S. Avaliação e validação de funções de afilamento para *Mimosa scabrella* bentham em povoamentos da região metropolitana de Curitiba/PR, **Floresta**, v. 36, 2006.

QUEIROZ, L. R. S.; BARRICHELO, L. E. G. **O Eucalipto: Um século no Brasil**. 1a Ed. São Paulo. Antônio Bellini Editora e Cultura, 2007. 132p.

R - A LANGUAGE AND ENVIROMENT FOR STATISTICAL COMPUTING. R for Windows 2.13.1. Vienna: Austria. 2002. Disponível em: <http://www.rproject.org/index.html>. Acesso em: 22 abr. 2016.

REGAZZI, A. J.; LEITE, H. G. Análise de regressão: teoria e aplicações em manejo florestal. Viçosa, UFV/SIF, 1992. 236 p. (Apostila).

RIBEIRO, J. R.; ANDRADE, V. C. L. Equações de perfil do tronco para *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh no Centro-sul Tocantinense. **Floresta e Ambiente** 2016; 23(4): 534-543.

RIOS, M. S.; **A eficiência das funções polinomiais, da função spiline cúbica e razões de volume para representar o perfil da árvore e estimar os sortimentos de Pinus elliottii**. Dissertação (Mestrado em engenharia florestal) 116p. Lavras, UFLA, 1997.

RONGXIA, L.; WEISKITTEL, A. R.; Comparison of model forms for estimating stem taper and volume in the primary conifer species of the North American Acadian Region, **Annals of Forest Science**, v. 67, p. 302 – 318, 2010.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M.; TOTTI, J. A.; BAZZO, J. L. Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* para o estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 79-88, 1996.

SCHÖEPFER, W. **Automatisierung des Massen, Sorten und Wertberechnung stenender Waldbestände Schriftenreihe Bad**. [S.l.]: Wurttt-Forstl., 1966. n.p.

SCOLFORO, J. R. S.; RIOS, M.S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; MAESTRE, R. Acuracidade de Equações de Afilamento para representar o perfil do fuste de *Pinus elliottii*. **Cerne**, Lavras, v.4, n.1, p.100-122, 1998.

SILVA, C. D. **Híbridos de eucalipto sob diferentes regimes hídricos em vasos e crescimento no campo**. 2013. 67f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP, SP.

SILVA, F.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Equação de afilamento para descrever o volume total de fuste de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região do Triângulo Mineiro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba - SP, v. 39, n. 91, p. 367-376, set. 2011.

SILVA, G. F. **Alternativas para estimar o volume comercial em árvores de eucalipto**. 1996. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

SILVA, J.A.A.; PAULA NETO, F. **Princípios básicos de dendrometria**. Recife: Imprensa universitária da UFRPE, 1979, 191p.

SOARES, C .P. B.; MARTINS, F. B.; JUNIOR, H. U. L.; SILVA, G. F.; FIGUEIREDO, L. T. M. Equações hipsométricas, volumétricas e de *taper* para onze espécies nativas1. **Revista Árvore**, v.35, p.1039-1051, 2011.

SOUZA, C.A.M. de; SILVA, G.F.da; XAVIER, A.C.; MENDONÇA, A.R. de; ALMEIDA, A.Q. de; **Avaliação de modelos de afilamento não-segmentados na estimação da altura e volume comercial de *Eucalyptus sp.*** Ciência Florestal, Santa Maria, v.18, n.3, p.393-405, 2008

SOUZA, D. M. O. R. **Concordância de testes de comparação de médias na avaliação volumétrica de clones de *Eucalyptus spp.* no pólo gesseiro do Araripe-PE**. 89 f. Dissertação (Mestrado em Biometria e Estatística Aplicada) – Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2012.

SOUZA, C. A. M.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SILVA, G. F.; THOMAS, C. Eficiência de um modelo de afilamento ajustado sem e com estratificação por classe de quociente de forma para formação dos sortimentos de *Pinus taeda* L. **Ciências Florestais**, Santa Maria - RS, v. 22, n. 1, p. 125-135, jan-mar. 2012.

WANG, Y.; BAKER, T. G.; Developing and validating taper models for *Eucalyptus globulus* plantations using a sequential accuracy testing approach, **FBMIS**, v. 1 , p. 51 – 62, 2005.

YOSHITANI JUNIOR, M.; NAKAJIMA, N. Y.; ARCE, J. E.; MACHADO, S. A.; DRUSZCZ, J. P.; HOSOKAWA, R. T.; MELLO, A. A. Funções de afilamento para plantios desbastados de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba - PR, v. 42, n. 1, p. 169-176, jan/mar. 2012.