

**Luiz Eduardo Sapori Gonçalves**

**Avaliação de modelos de afilamento para clones de Eucalipto em um sistema agroflorestal**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências da disciplina ENF 499 – Trabalho Final de Curso II do curso de Engenharia Florestal

VIÇOSA  
MINAS GERAIS-BRASIL  
Dezembro-2014

**Luiz Eduardo Sapori Gonçalves**

**Avaliação de modelos de afilamento para clones de Eucalipto em um sistema agroflorestal**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências da disciplina ENF 499 – Trabalho Final de Curso II do curso de Engenharia Florestal

APROVADA em dezembro de 2014

---

Prof. Helio Garcia Leite  
(ORIENTADOR)

---

Carlos Pedro Boechat Soares

---

Álvaro Vieira Soares

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela vida e pela força de sempre seguir em frente.

Aos meus pais, Sílvia Maria de Oliveira Sapori e Renato César de Oliveira Gonçalves, a minha irmã, Lívia Oliveira Sapori Gonçalves e a meus avós, José Luiz Sapori e Maria das Dores Sapori, pelo incondicional apoio e carinho durante toda minha graduação.

Aos meus amigos da república v8 e aos demais da Universidade Federal de Viçosa, pelo companheirismo e ajuda durante esse longo período em Viçosa.

Ao professor Helio Garcia Leite, pela oportunidade e orientação nesta pesquisa.

## **BIOGRAFIA**

Luiz Eduardo Saporì Gonçalves, nasceu em 10 de fevereiro de 1989, em Ribeirão das Neves, Minas Gerais.

Em 2007, concluiu o 2º grau no Instituto Itapoã , em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Em 2009, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em Dezembro de 2014.

## **CONTEÚDO**

### **EXTRATO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

#### **2. MATERIAL E METODOS**

2.1 Origem dos dados

2.2 Ajuste e exatidão dos modelos de afilamento

#### **3. RESULTADO E DISCUSSÃO**

3.1 Avaliação dos modelos

3.2 Efeito da idade na forma do fuste

#### **4. CONCLUSÃO**

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## EXTRATO

GONÇALVES, Luiz Eduardo Saporì Gonçalves. Monografia de graduação. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2014. **Avaliação de modelos de afilamento para clones de Eucalipto em um sistema agroflorestal.** Orientador: Helio Garcia Leite.

Sistemas agroflorestais (SAF) são métodos de uso ou manejo da terra que visam conciliar uma cultura florestal arbórea com culturas agrícolas e, ou com criação de animais. É uma alternativa ao modelo convencional de monocultivo, permitindo às propriedades aumentar seus rendimentos, com diversas espécies cultivadas de forma simultânea, otimizando a utilização da terra, pela contínua venda de produtos agrícolas, madeira e produto de origem animal. Logo por se tratar de um sistema produtivo tão diversificado, as equações de afilamento do fuste surgem como um mecanismo de otimização da produção do sistema agroflorestal. A partir delas, é possível estimar a altura onde um determinado diâmetro ocorre e o volume de partes do fuste, ou seja, quantificam os multiprodutos da madeira, assim permitindo maior produtividade do sistema. Os objetivos deste trabalho foram: a) avaliar diferentes modelos de afilamento (*Taper*) visando selecionar a melhor equação para estimar multiprodutos em clones de eucalipto em sistemas agroflorestais; b) avaliar o efeito da idade na forma do fuste de clones de eucalipto em sistemas

agroflorestais. A partir de um conjunto de dados provenientes de inventários florestais contínuos conduzidos em um sistema agroflorestal na região de Vazante-Mg, foram ajustadas funções de taper. Conforme as estatísticas de acurácia e os gráficos, a equação de Demaerschalk, por apresentar o melhor desempenho, foi escolhida para testar o efeito da idade na forma do fuste da população. Ao fazer essa análise foi evidenciado que não ocorre efeito significativo no perfil do fuste até os , o que de fato acontece, é aumento da conicidade do fuste a medida que a árvore fica mais velho.

## **1-INTRODUÇÃO**

Uma forma de diversificar a produção utilizando-se de várias atividades e culturas na propriedade é a prática dos sistemas agroflorestais em suas modalidades: sistema agroflorestal, sistema silvopastoril e o mais completo deles, o sistema agrossilvopastoril que pode envolver, além de várias culturas agrícolas, várias essências florestais e juntar atividades agrícola, florestal e pecuária num só sistema, com vistas à maximização do lucro (SOUZA, 2007).

Sistemas agroflorestais (SAF) são métodos de uso ou manejo da terra que visam conciliar uma cultura florestal arbórea com culturas agrícolas e, ou com criação de animais. O SAF pode permitir melhor preservação do solo e dinamização do uso produtivo da terra, além de oferecer maior oportunidade de renda aos pequenos produtores rurais.

É uma alternativa ao modelo convencional de monocultivo, permitindo às propriedades aumentar seus rendimentos, com diversas espécies cultivadas de forma simultânea, otimizando a utilização da terra, pela contínua venda de produtos agrícolas, madeira e produto de origem animal. Permite ainda, o melhor aproveitamento da mão-de-obra e aumento na oferta de empregos, bem como diversos benefícios ambientais, dentre eles, o melhoramento dos solos e o aumento da biodiversidade local (GUTMANIS, 2004).



A inclusão do componente florestal em sistemas agrossilvipastoris pode contribuir para o incremento da renda na propriedade, tanto pela comercialização do produto florestal como pelo seu uso na propriedade, uma vez que o produtor não necessitará adquirir estes recursos no mercado (PACIULLO,2009). De acordo com Souza (2007), ocorre um aumento significativo na viabilidade econômica de uma SAF, à medida que se agrega valor aos multiprodutos da madeira.

Segundo Soares (2003), uma alternativa, tanto para pequenos produtores quanto para as empresas florestais, é destinar sua produção de madeira para a produção de multiprodutos, possibilitando um retorno econômico mais significativo do que quando a madeira é utilizada apenas para um único uso, possibilitando maior flexibilidade e menores riscos na comercialização (FERREIRA, 1999).

Quando a madeira é destinada a multiprodutos, debates são aplicados ao longo do tempo, sendo que cada retirada de madeira é direcionada para uma finalidade diferente, permitindo maior rotatividade econômica e manutenção de um maior ganho volumétrico ao final do ciclo de corte. No caso do sistema de único-produto, ocorre uma única intervenção no momento do corte, em geral, aos 7 anos, limitando as possibilidades de ganho por parte do produtor.

A cultura florestal mais utilizada em SAF é o eucalipto. O uso mais comum é o aproveitamento da madeira como lenha, postes, mourões, construções rurais, produção de madeira serrada, fabricação de painéis e fabricação de papel e celulose. O afilamento do fuste, conhecido como taper, influencia na conversão da árvore em multiprodutos.

O manejo de florestas equiâneas, voltadas principalmente para a produção de postes de madeira, visto a crescente demanda energética brasileira e a implementação de infraestrutura para suporte dessa rede, é uma solução ecológica viável para o abastecimento de um país de dimensões continentais e elevada carência de linhas de distribuição elétrica, além de contribuir com o sequestro de CO<sub>2</sub> da atmosfera e conseqüentemente com a redução do efeito estufa.

Comparado aos diversos materiais utilizados na produção de postes de telefonia e energia (concreto, ferro, aço, alumínio) a madeira é o material mais apropriado. Isso deve-se as suas propriedades, como: é altamente renovável; apresenta baixo consumo de energia na sua produção, visto que utiliza somente energia solar durante o crescimento da árvore, resiste muito bem a impactos, choques mecânicos e arraste dos postes; apresenta fácil manuseio; apresenta menor peso em relação aos demais materiais utilizados para a mesma finalidade; permite retratamento com preservativos em regiões afetadas; permite recuperação das partes ainda boas dos postes retirados de serviço que podem ser utilizadas como moirões de cerca, construção de galpões, entre outras. Além disso, os postes de madeira são baratos e de fácil obtenção (POSTES, 2009).

A utilização de florestas de eucalipto para fins energético, produção do carvão vegetal (Bio redutor), tem ganhado espaço no cenário brasileiro e mundial. Isso ocorre devido aos menores danos causados ao ambiente, em decorrência da sua utilização, quando comparado ao carvão mineral.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2013), o Brasil se destaca como o maior produtor de carvão vegetal no mundo, sendo que os maiores consumidores são os setores de ferro-gusa, aço e ferros-liga. Contudo, esse biocombustível representa apenas 19,9% da matriz energética dos setores de ferrogusa e aço, enquanto o coque de carvão mineral representa 44,6%

Nos últimos anos, no Brasil, verifica-se um gradativo aumento da utilização da madeira de árvores de plantações florestais de ciclo curto e de alta produtividade, especialmente as dos gêneros Eucalyptus e Pinus, para produção de madeira serrada visando o abastecimento da indústria moveleira. Isso ocorre, devido as maiores pressões ambientais quanto ao uso de florestas nativas, diminuindo a sua extração irregular. Além do rápido abastecimento, e cumprimento das normas ambientais, a redução do custo na aquisição da matéria prima, boa resistência, facilidade de manuseio e a abundância são fatores que favorecem a utilização dessas variedades por esse setor.

Com os diversos fins dados a madeira torna-se necessário o conhecimento dos fatores que afetam o desenvolvimento da árvore e influencia

o seu destino final, afim de empregar métodos que permitam conhecer a forma dos fustes das árvores. Equações de afilamento do fuste, são utilizadas para estimar a altura onde um determinado diâmetro ocorre e o volume de partes do fuste, ou seja, quantificam os multiprodutos da madeira (CAMPOS e LEITE, 2013). As estimativas produzidas por esses modelos permitem uma melhor utilização da produção florestal, pois possibilitará melhor planejamento da colheita, principalmente no caso de sistemas agroflorestais.

Modelos de taper tem sido ajustado e avaliados empregando diferentes bases de dados (SOARES,2011).Silveira et.al (2011) empregou modelo de taper ajustado à partir de dados obtidos em uma SAF, para elaboração de tabelas de postes de eucalipto.

Afim de descrever o perfil do fuste, vários modelos de regressão tem sido propostos, levando em consideração as variações de forma, segundo o genótipo. Esses podem ser divididos em simples e segmentados, sendo que o último, pode não atender o objetivo de eliminar bias ao longo do fuste. Isso ocorre pelo fato de algumas equações não estarem condicionadas para estimar zero de diâmetro no ápice e não atender dap na altura 1,30 m (CAMPOS e LEITE, 2013).

A eficiência de uma função de taper está ligada diretamente a flexibilidade oferecida por ela e também a descrição do perfil geral do genótipo em questão. Logo uma função somente poderá ser usada para um genótipo na qual ela foi destinada.

Os objetivo deste trabalho foram: a) avaliar diferentes modelos de afilamento (Taper) visando selecionar a melhor equação para estimar multiprodutos em clones de eucalipto sob sistemas agroflorestais; b) avaliar o efeito da idade na forma do fuste de clones de eucalipto em sistemas agroflorestais.

## **2-Material e métodos**

### **2.1- Origem dos dados**

Os dados foram provenientes de inventários florestais contínuos conduzidos em um sistema agroflorestal. A região onde se encontram os povoamentos tem clima Aw – tropical úmido de savana, segundo a classificação proposta por Köppen. A temperatura média máxima anual é de 29°C e a mínima de 17°C. A precipitação média anual é de 1.438 mm, concentrando-se no semestre mais quente. O período mais seco ocorre de abril a outubro, sendo o mês mais seco com precipitação inferior a 60 mm. A evaporação potencial anual atinge entre 1.000 e 1.200 mm. A altitude média é de 550 m, e o relevo varia de plano a ,suave-ondulado. O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa (16,25% de areia, 21,50% de silte e 62,25% de argila), fase cerrado, de baixa fertilidade e alta acidez, (GOLFARI, 1975).

No SAF estudado, o componente florestal foi estabelecido com clones de híbridos de eucalipto no espaçamento 10 x 4 m, visando a produção de madeira para energia e serraria. Para evitar a competição, não prejudicar as raízes das árvores, e facilitar os tratos culturais, manteve-se um espaçamento mínimo de 1m entre as linhas de plantio de eucalipto e as linhas das demais

culturas. O consórcio foi feito no primeiro ano (ano 0) com cultivo de arroz. No segundo ano (ano 1), a soja foi semeada no lugar do arroz, mantendo uma densidade populacional de 200.000 plantas por hectare. Todos os restos culturais da colheita da soja foram incorporados ao solo. Nesse ano, ocorreu também a primeira manutenção do povoamento de eucalipto (capinas manuais, conservação de estradas e aceiros e combate às formigas). A partir do ano seguinte (ano 2), houve formação de pastagens de braquiária, manejadas para engorda de gado de corte. Nesse mesmo ano os eucaliptos, apresentando 6 m de altura e aproximadamente 18 meses de idade, foram desramados até a altura de 4 m do solo e no máximo 50% de copa viva. No ano 3, 90 dias após a implantação das pastagens, iniciou-se o período de utilização para engorda de bois. Houve novamente a manutenção de povoamentos de eucalipto, uma segunda desrama foi feita até 6 m de altura, e houve o estabelecimento de cercas vivas e instalação de aguadas para os animais. No ano 4 ocorreu apenas a manutenção do componente florestal e, a partir do ano 5, teve-se o estabelecimento do sistema silvipastoril com uma periodicidade bianual de vendas de bois gordos (DUBÈ, 1999; LOPES, 2007; SOUZA, 2005; TSUKAMOTO FILHO, 2003).

## **2.2-Ajuste e exatidão dos modelos de afilamento**

Os dados para o ajuste dos modelos taper foram obtidos por meio do corte de árvores-amostra quando foram medidos os diâmetros com e sem casca ao longo do fuste, assim como as alturas em que os mesmos ocorrem, além da altura total. Em cada classe de dap, com amplitude de 2 cm, foram abatidas 6 árvores.

Foi feito um corte inicial em uma altura referencial (0m). Em seguida foram realizados cortes a 0,5m, 1,0 e a 2,0m do primeiro corte, sendo que a partir do último, os cortes foram realizados a cada 2m até altura onde o diâmetro com casca fosse cerca de 4 cm. A fórmula utilizada para a cubagem das secções de 0,1m é:

$$V = \left( \frac{g_1 + g_2}{2} \right) L$$

em que:

$V$  = o volume da secção, em m<sup>3</sup>;  $L$  = comprimento da secção ;  $g_1$  e  $g_2$  são respectivamente os diâmetros inicial e final da secção, em m.

Foram testadas cinco funções de afilamento sendo eles, em sua maioria, ajustados por regressão linear e os que não permitiram transformações matemáticas, foram ajustados por regressão não-linear em processo iterativo pelo método Newton, por meio do softwares Statística (v.10.0).

Após o ajuste de todos os modelos, nos quais inicialmente foram analisados os dados de todos os anos de plantio foi escolhido o modelo de maior precisão. Em seguida esse modelo foi ajustado para cada ano de plantio (2004,2005,2006,2007 e 2008) com a finalidade de comparar o efeito da idade do plantio na equação selecionada.

A escolha da melhor equação foi baseada no coeficiente de correlação ( $R_{\hat{y}y}$ ), por se tratar de modelos não-lineares. Além desse, foi utilizado os parâmetros Bias, Raiz Quadrada do Erro Médio ( $RQEM$ ), Média das Diferenças Absolutas (MDA), e por fim a usual análise gráfica dos resíduos (CAMPOS e LEITE, 2013). Essas estatísticas são complementares, sendo que, quando usadas separadamente, não dão poder de decisão sobre qual o melhor método

Adicionalmente para avaliar o desempenho dos modelos foi feito um ordenamento das funções testadas, para a estimativa de diâmetro ( $d_i$ ), razão diâmetro e diâmetro altura do peito ( $d_i/d_{ap}$ ) e volume total ( $vt$ ) . O objetivo desse ranking é observar qual o modelo de melhor desempenho em média. Logo o ordenamento, foi feito por meio de atribuição de notas de 1 a 5, sendo 5 para parâmetros de maior acurácia, reduzindo gradativamente até 1, que seria o de menor acurácia. Ao final fez se um somatório, aquele que apresentou maior pontuação foi o modelo recomendado.

**QUADRO 1.** Modelos de taper ajudados em Eucalipto para SAF, na região de Vazante-MG, com espaçamento inicial 10x4m.

Autor	Modelo	Forma de ajuste
Kozak et al. (1969)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H_t}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H_t}\right)^2 + \varepsilon_i$	$d_i = dap \sqrt{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H_t}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H_t}\right)^2} + \varepsilon^i$
Demaerschalk (1972)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = 10^{2\beta_0} dap^{(2\beta_1-2)} H_t^{2\beta_2} L_i^{2\beta_3} + \varepsilon_i$	$d_i = 10^{\beta_0} dap^{\beta_1} H_t^{2\beta_2} L_i^{2\beta_3} + \varepsilon^i$
Ormerod (1973)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = \left(\frac{L_i}{H_t - 1,30}\right)^{2\beta_1} + \varepsilon_i$	$d_i = dap \sqrt{\left(\frac{L_i}{H_t - 1,30}\right)^{\beta_1}} + \varepsilon^i$
Garcia et al. (1993)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \sqrt{\frac{h_i}{H_t}} + \beta_2 + \left(\frac{h_i}{H_T}\right) + \varepsilon_i$	$d_i = dap \sqrt{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{H_t}\right)^{1/2} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{H_t}\right)} + \varepsilon^i$
Garay (1979)	$\left(\frac{d_i}{dap}\right) = \beta_0 \left(1 + \beta_1 L_n(1 - \beta_2 h_i^{\beta_3} H_t^{-\beta_3})\right) + \varepsilon_i$	$d_i = dap \beta_0 \left(1 + \beta_1 L_n(1 - \beta_2 h_i^{\beta_3} H_t^{-\beta_3})\right) + \varepsilon^i$

em que:

$d_i$  = diâmetro com casca a ser estimado, em cm;  $dap$  = diâmetro a 1,30 m do solo, em cm;  $H_t$  = altura total, em m;  $h_i$  = altura comercial onde se encontra o diâmetro  $d_i$ , em m;  $L = H_t - h_i$ , distância da altura total até a altura em que ocorre o diâmetro  $d_i$ ;  $\beta_i$  = coeficientes do modelo a serem estimados ( $i = 0, 1, 2, 3$ ); e  $\varepsilon_i$  = erro aleatório;  $t = \exp(-\beta_0 \beta_1^{-1})$

**QUADRO 2.** Estatística usada para avaliação dos modelos em eucalipto para SAF com espaçamento inicial 10x4m.

Estimativa	
Coeficiente de correlação ( $R_{\hat{Y}Y}$ )	$R_{\hat{Y}Y} = \sqrt{1 - \frac{SQResíduos}{SQTOTAL}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$
Bias	$Bias = n^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)$
Raiz Quadrada do Erro Médio (RQEM)	$RQEM = 100\hat{Y}^{-1} \sqrt{n^{-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}$
Média das diferenças absolutas (MDA)	$MDA = \left( n^{-1} \sum_{i=1}^n  \hat{Y}_i - Y_i  \right)$
Soma dos quadrados dos resíduos (SQres)	$SQR = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - Y_i)^2$

em que:

$Y_i, \hat{Y}_i, \bar{Y}$  são, respectivamente, valor observado, valor estimado pelo modelo e média dos valores observados;  $n$  é o número de observações.

Para todas as análises de dados foram utilizados os softwares Statistica (v.10.0) e Microsoft Excel (2010). Os dados utilizados nesse trabalho foram utilizados anteriormente por Salles(2010).



## 3-RESULTADO E DISCUSSÃO

### 3.1-Avaliação dos modelos

Os parâmetros de todos os modelos observados e suas respectivas estatísticas para avaliá-los encontram-se na tabela 3. Todas as equações proporcionaram ajuste satisfatório de acordo com o Coeficiente de Correlação ( $R_{(\hat{\gamma})}$ ), sendo que os valores variam entre 0,9737 e 0,9748 para as variáveis  $d_i/d_{ap}$ , 0,9808 e 0,9894 para  $d_i$  e 0,9936 a 0,9994 para a estimativa  $v_t$ .

Ao analisarmos as demais estatísticas é possível observar divergências nos desempenhos dos modelos. Verificou-se que alguns modelos apresentaram resultados satisfatórios apenas para uma ou duas variáveis e que apenas um deles propiciou desempenho satisfatório em todas as variáveis e, por outro lado, um não mostrou-se eficiente a nenhuma. É importante observar que a Soma dos Quadrados dos Resíduos (SQres), não representa o desempenho das funções de afilamento, considerando que são médias e por isso não levam em conta a posição a longo do fuste. Logo, ela serve apenas como critério adicional para avaliação dos modelos, um indicativo da correlação existente entre as variáveis envolvidas nos modelos testados.

Após as análises estatísticas, pode-se estabelecer um ordenamento, na qual foi apresentada as pontuações dessas. A Tabela.4, as funções receberam

notas de 1 a 5, sendo o menor valor para a função de pior ajuste e 5 para aquela que apresentar melhor ajuste.

Os modelos de Garay(1979) e Omerod (1973), apesar de terem estatísticas de precisão confiáveis para algumas variáveis, no computo geral foram inferiores a função de Demarschalk (1972). Porém em algumas situações, apesar da menor exatidão, esses modelos podem ser utilizados, por apresentarem valores muito próximos na análise estatística da função de maior exatidão. Assim podemos estimar o volume total da árvore com a função de Omerod que mostrou-se tão eficaz quanto a Demarschalk e o modelo de Garay, para estimar o diâmetro ao longo do fuste.

Analisando o desempenho das funções mediante a Tabela 3 é possível verificar para a razão di/dap, as equações Demarschalk e Garay como as de melhor desempenho. Em geral, o primeiro modelo seguido das funções de Omerod, Kozak(1969) e Garcia(1993) apresentam, devido a baixa flexibilidade, dificuldade em simular a base e o topo das árvores. Porém para esse conjunto de dados, Demarschalk, mostrou-se eficiente, sendo a equação de maior acurácia para estimar a relação di/dap.

O perfil apresentado por Garay(1972), mostra que os resultados estimados dos diâmetros ao longo do fuste foram superestimados ou subestimados, porém a diferença entre os valores real e estimado, ou seja o resíduo, foi sempre pequena, sendo praticamente imperceptível no gráfico de resíduos. O fato de esse modelo ter sido originado a partir da derivação da função Chapman- Richards, torna-o flexível o suficiente para descrever as variações de forma em árvores de diferentes espécies, possibilitando estimativas consistentes em relação a diâmetros. Apesar da maior flexibilidade, esse modelo apresentou menor precisão quando comparada a função de Demarschalk para análise do diâmetro ao longo do fuste. Isso deve-se ao fato das árvores analisadas serem de idade de 4 a 7 anos, apresentando, portanto, maiores alturas e diâmetros, principalmente das extremidades, e, no caso, diminuindo a sua limitação na estimativas das bases e topo de fuste.

Analisando os modelos quanto à estimativa de volume total, o modelo Demarschalk (1991) e de Omerod (1973) apresentaram os melhores

**QUADRO 3.** Estimativas dos parâmetros e estatísticas de precisão, para todos os modelos ajustados e para o conjunto total dos dados, em Eucalipto para SAF, na região de Vazante-MG, com espaçamento inicial 10x4m.

Modelo	Coeficientes				Variáveis	SQres	$R_{yy}$	Bias	MDA	RQEM
	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$						
					di/dap	9,1747	0,9747	0,0345	0,0620	12,4898
Demaerschalk	0,2609	0,9690	-1,002	0,9527	di	11266,4312	0,9890	0,3552	0,5636	27,1686
					vt	2,6731	0,9994	0,0882	0,1165	20,1655
					di/dap	11,1139	0,9728	0,0526	0,0706	13,7465
Kozak	1,3409	-3,890	2,7015	-	di	15192,8455	0,9891	0,5546	0,6771	31,5495
					vt	8,4099	0,9992	0,2030	0,2145	35,7680
					di/dap	12,1908	0,9748	0,0127	0,0743	14,3971
Ormerod	1,2	1,693	-	-	di	14067,0345	0,9844	0,1818	0,6530	30,3581
					vt	1,8207	0,9993	0,0362	0,1078	16,6425
					di/dap	10,8145	0,9740	0,0525	0,0693	13,5601
Garay	1,177	0,874	0,9951	0,7561	di	14852,1165	0,9894	0,5523	0,6657	31,1937
					vt	8,1627	0,9992	0,1992	0,2108	35,2385
					di/dap	14,3432	0,9737	0,0168	0,0845	15,6164
Garcia	1,348	-1,675	0,2957	-	di	22385,6682	0,9808	0,7921	1,0118	38,2964
					vt	86,3781	0,9936	0,8832	0,8832	114,6308

**QUADRO 4.** Ordenamento da acurácia dos modelos conforme as estatísticas utilizadas para Eucalipto em SAF, na região de Vazante-MG, com espaçamento inicial 10x4m.

Modelo	Variáveis	Estatísticas						Total
		SQres	$R_{yy}$	Bias	MDA	RQEM	Soma	
Demaerschalk	di/dap	5	4	3	5	5	22	63
	Di	5	3	3	5	5	21	
	Vt	4	5	3	4	4	20	
Garay	di/dap	4	3	4	4	4	19	52
	Di	3	5	4	3	3	18	
	Vt	3	2	4	3	3	15	
Omerod	di/dap	2	5	2	2	2	13	49
	Di	4	2	2	4	4	16	
	Vt	5	3	2	5	5	20	
Kozak	di/dap	3	1	5	3	3	15	42
	Di	2	4	5	2	2	14	
	Vt	2	2	5	2	2	13	
Garcia	di/dap	1	2	1	1	1	6	19
	Di	1	1	1	1	1	5	
	Vt	1	4	1	1	1	8	

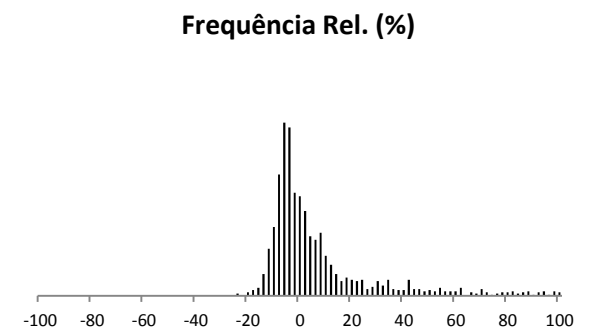
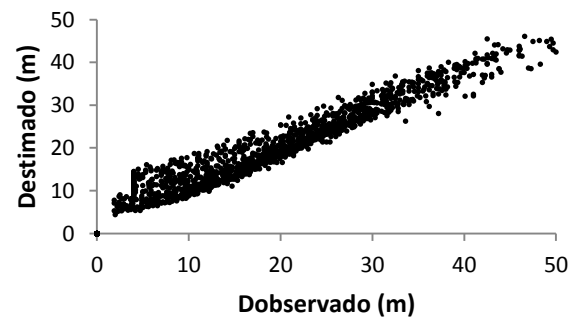
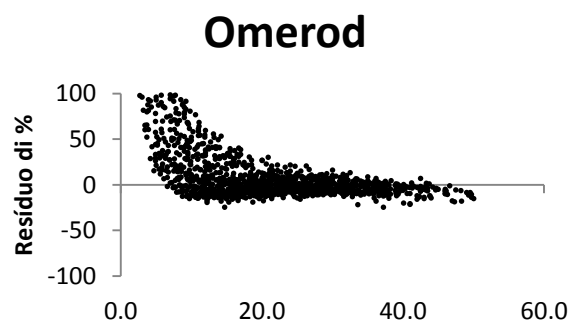
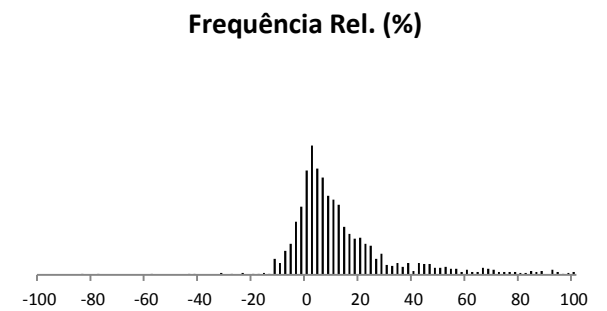
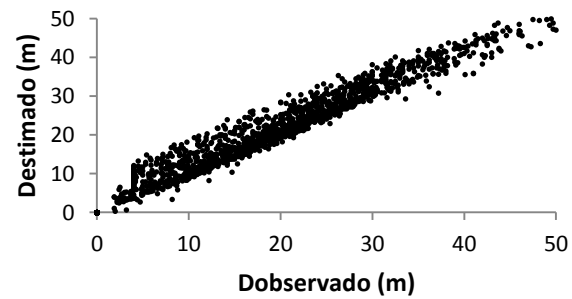
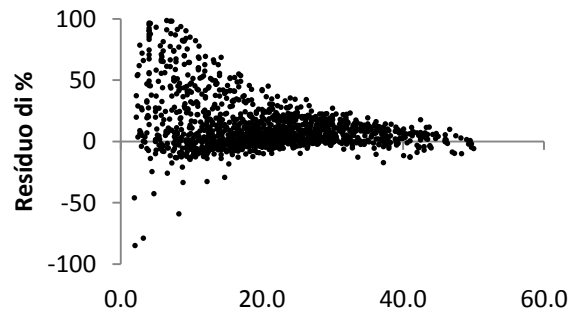
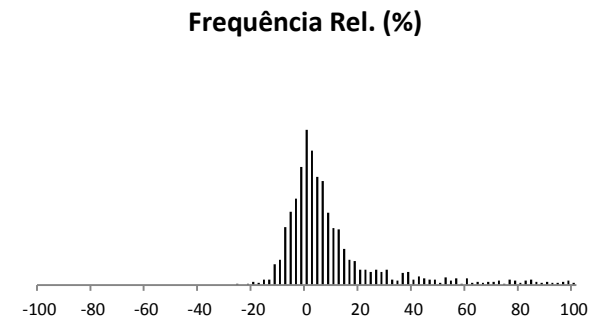
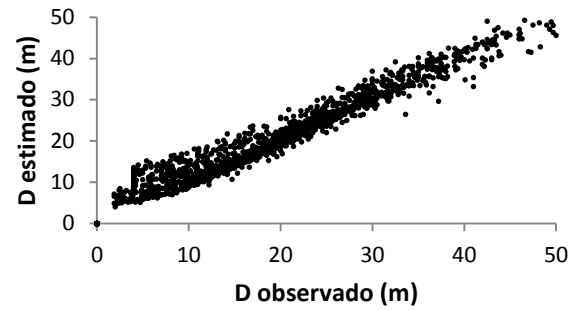
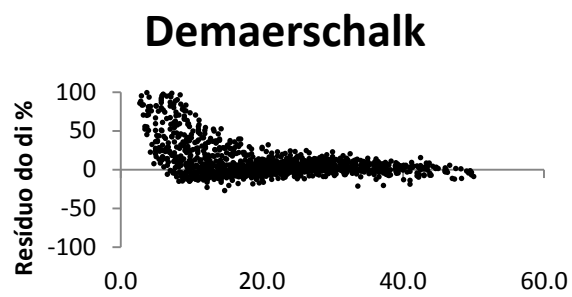
desempenhos. Na maior parte das pontuações, esses modelos alternaram-se entre se com as maiores notas, gerando excelentes estimativas totais, sendo, portanto, as equações mais estáveis. Logo, para a estimativa de volume, pode-se escolher qualquer um dos modelos, pois eles fornecerão precisões muito aproximadas para variável  $v_t$ , no qual um podendo ser testado e comparado com a estimativa do outro afim de se obter a maior precisão dos valores estimadosl.

Na Figura 1, é possível a visualização gráfica do desempenho das funções de afilamento para as variáveis  $d_i$ ,  $d_i/d_{ap}$  e volume respectivamente. Foram feitas análise gráficas de resíduos, comportamento dos valores estimados em função do observados e o agrupamento em classe de resíduos expressa em histograma.

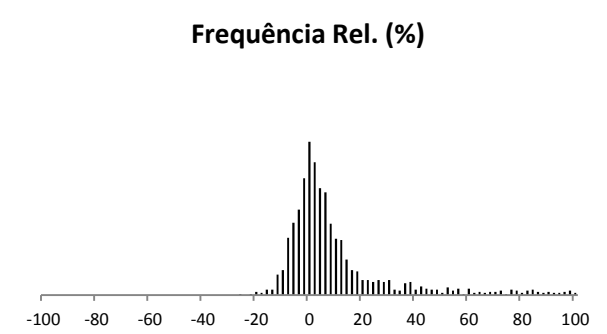
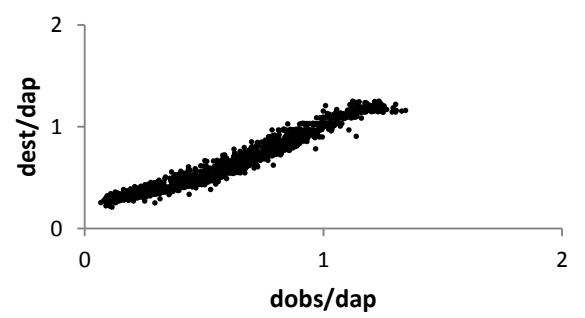
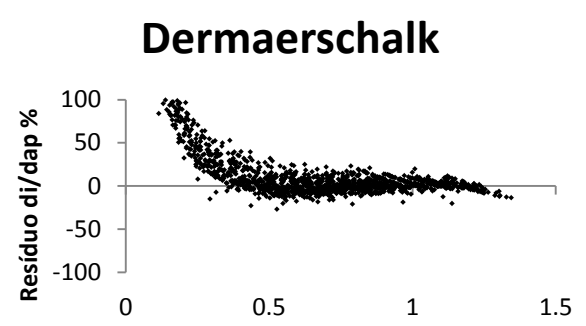
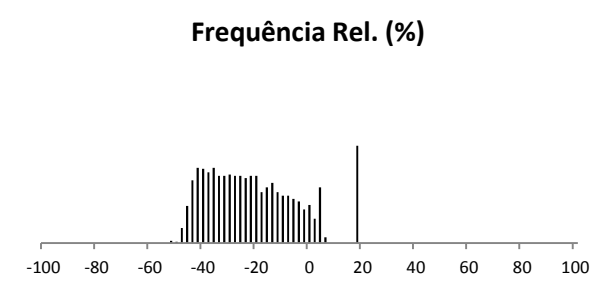
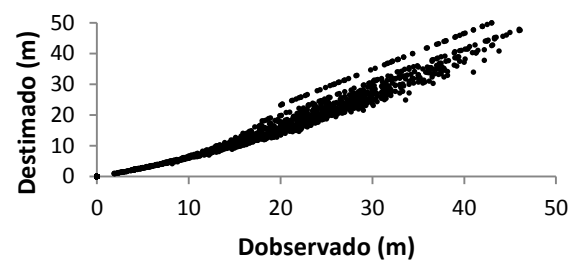
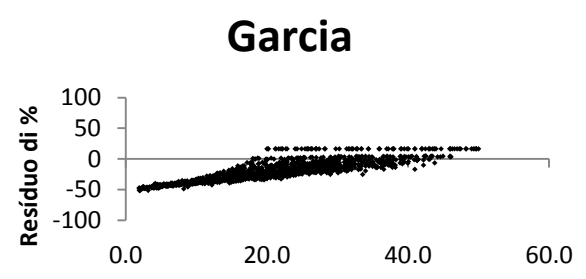
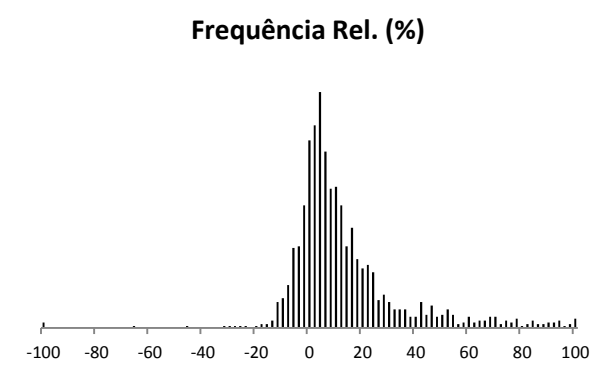
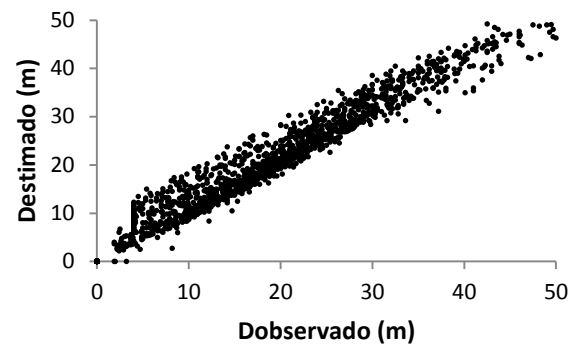
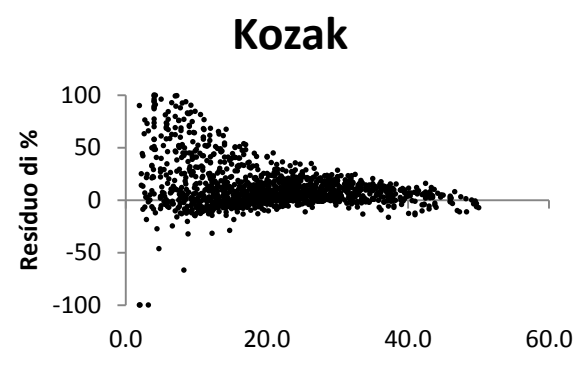
Analisando os gráficos de resíduos de diâmetro, é possível observar que a maior parte deles ocorre uma superestimação para valores pequenos, em maior amplitude para Garay e menor amplitude para Demaerschalk. Porém ao observarmos o histograma, é possível notar que a variação dos erros para ambas funções é zero ou próximo de zero, mostrando que ocorre um aumento da eficiência a medida que o diâmetro aumenta. No caso de Garcia, ocorre uma subestimação do diâmetro ao longo de todo fuste, no qual é confirmada a grande amplitude dos erros no histograma.

Mediante aos gráficos de descrição do perfil ao longo do fuste, na função de Demaerschalk confirmada a sua melhor acuracidade, em relação as outras equações, para a medida dessa estimativa. Mesmo havendo uma superestimação nos menores valores, essa ocorre em baixa amplitude, sendo ela muito eficiente a medida que os valores aumentam. Omerod há uma grande tendenciosidade nas extremidade e no caso de Garay, é possível a ocorrência de heterocedasticidade, logo desacreditando os limites de confiança das ambas estimativas. Leite et al. (2006) além do modelo de Demaerschalk, utilizou Garay e Baldwin para estimar o afilamento do fuste de *Virola surinamensis* e constatou que para alguns casos as estimativas dos diâmetros foram tendenciosas.

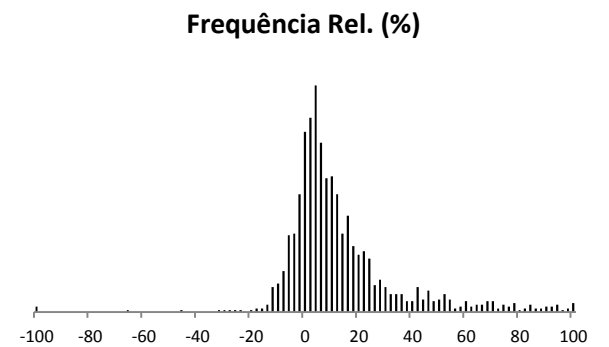
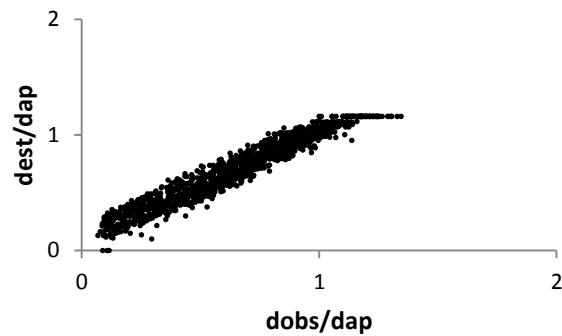
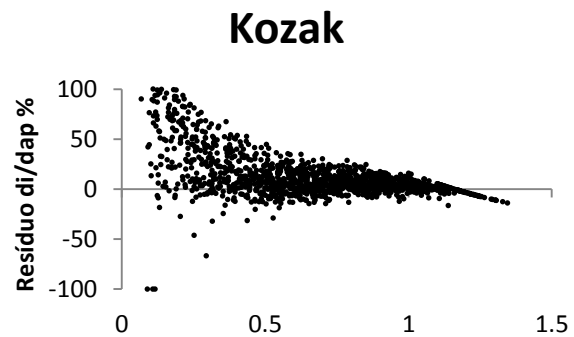
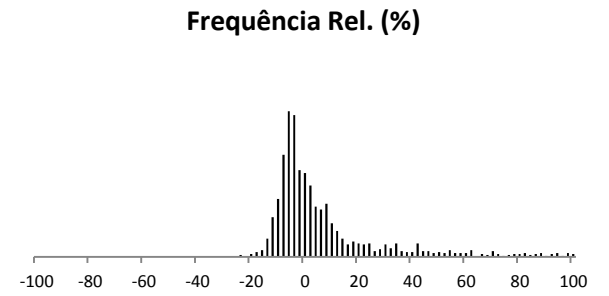
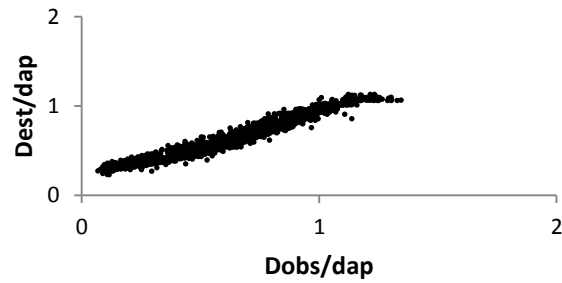
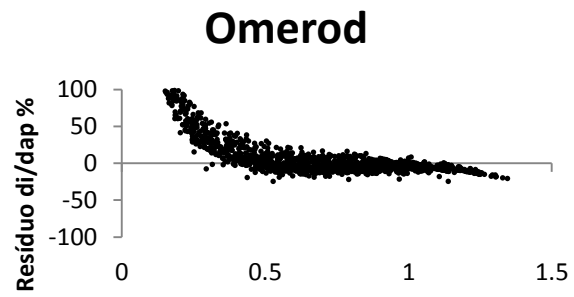
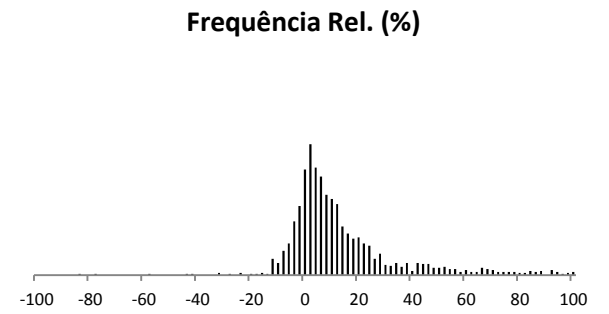
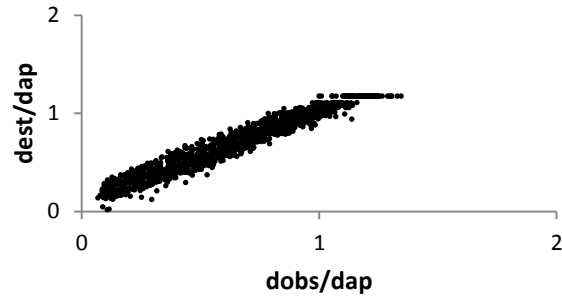
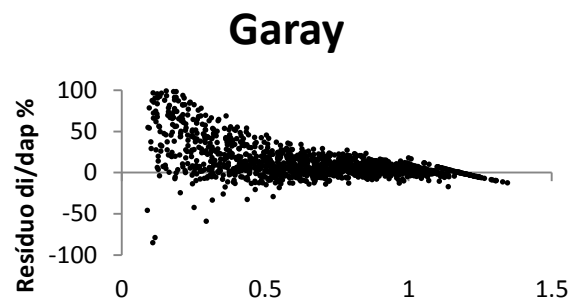
A estimativa de volume de Damaerschalk e Omerod apresentam-se com análises gráficas muito semelhantes, com precisões bastante parecida para essa variável, caso também ocorrido na análise estatísticas. No caso de Garcia, a função revela ser completamente ineficiente nessa variável e sua análise gráfica confirma sua inexpressividade para esse conjunto de dados.



**Figura.1**-Análise gráfica residual para diâmetro, descrição do perfil do fuste e volume respectivamente.

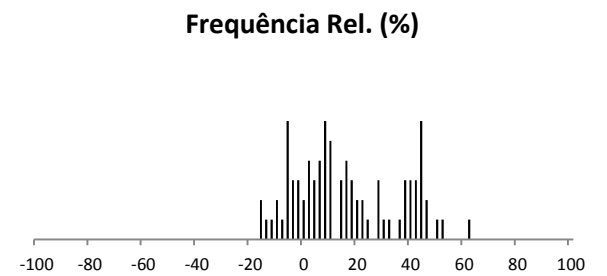
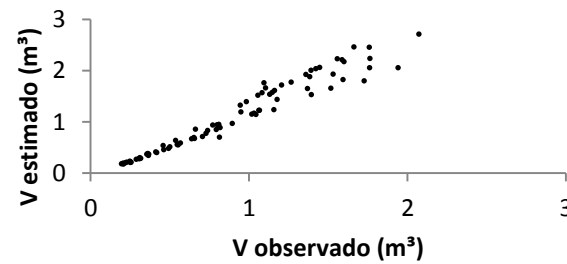
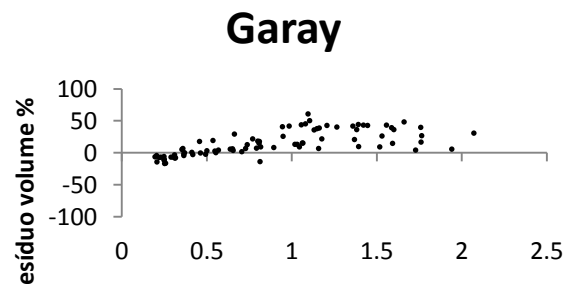
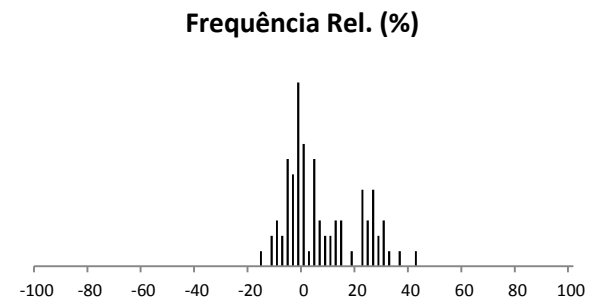
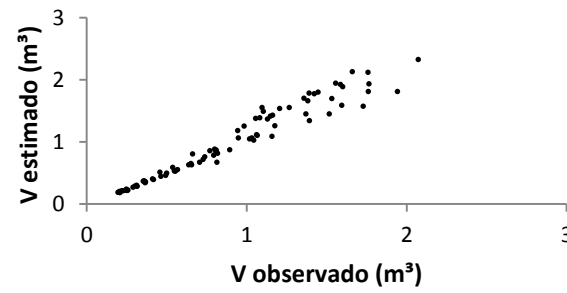
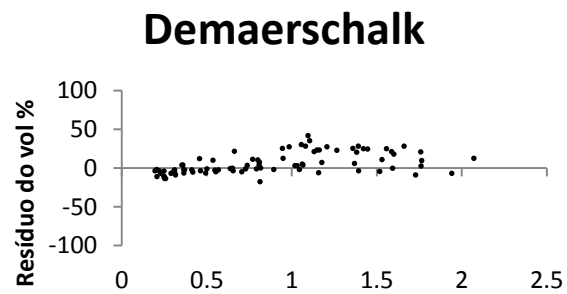
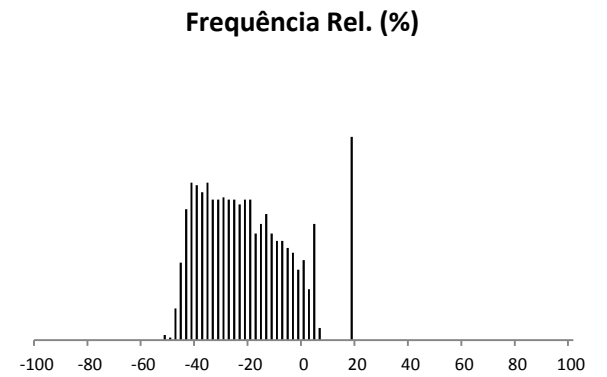
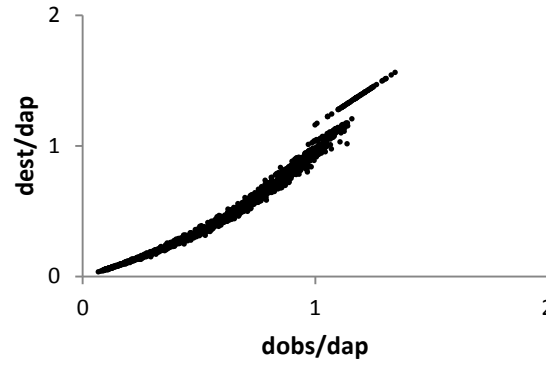
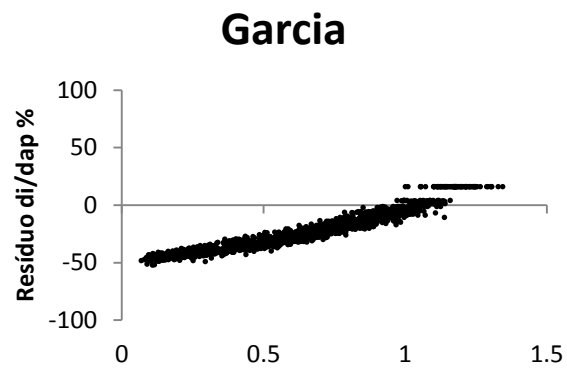


**Figura.1**-Análise gráfica residual para diâmetro, descrição do perfil do fuste e volume respectivamente



**Figura.1**-Análise gráfica residual para diâmetro, descrição do perfil do fuste e volume respectivamente





**Figura.1**-Análise gráfica residual para diâmetro, descrição do perfil do fuste e volume respectivamente

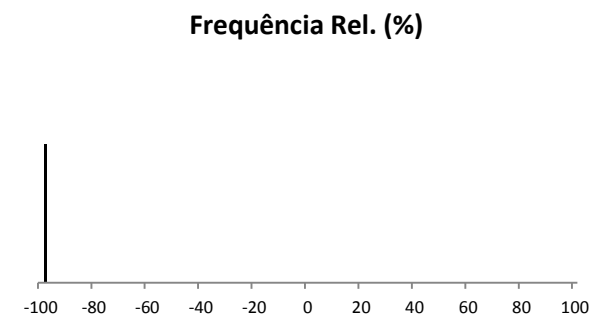
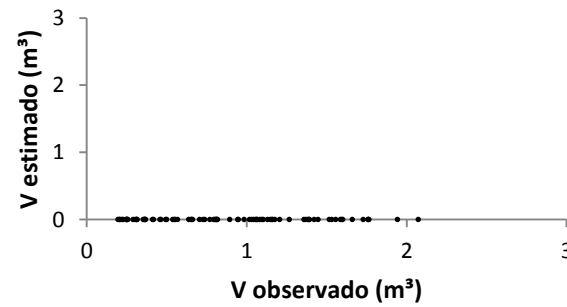
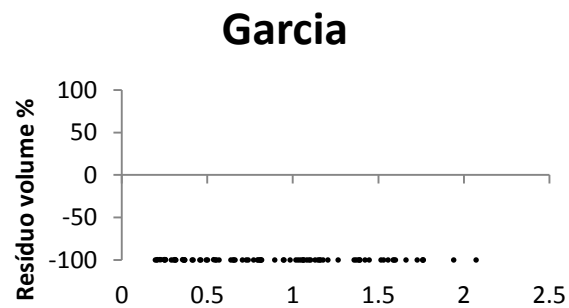
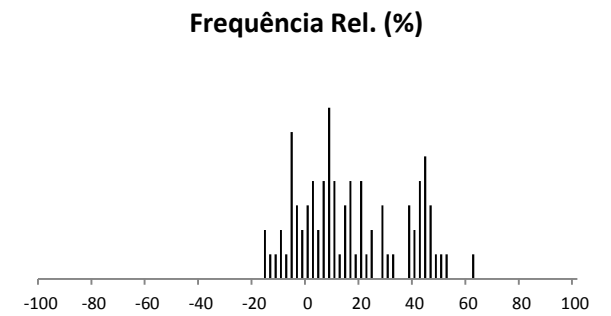
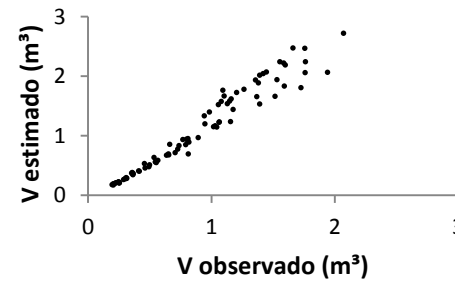
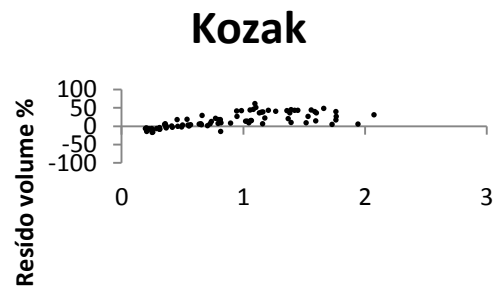
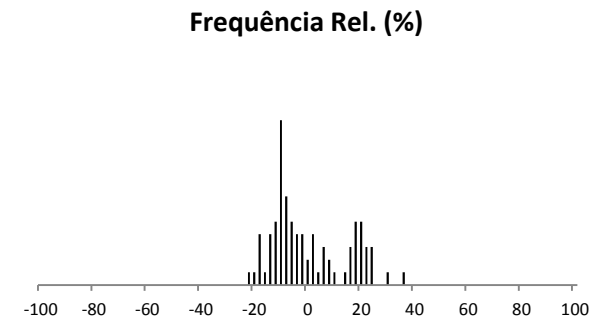
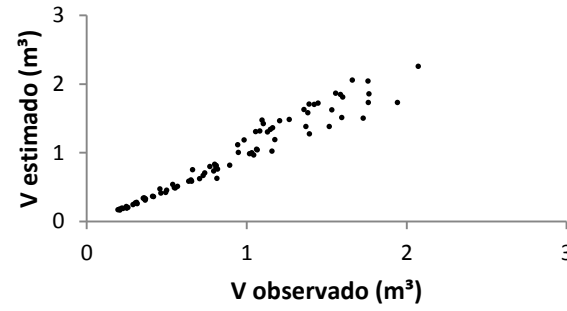
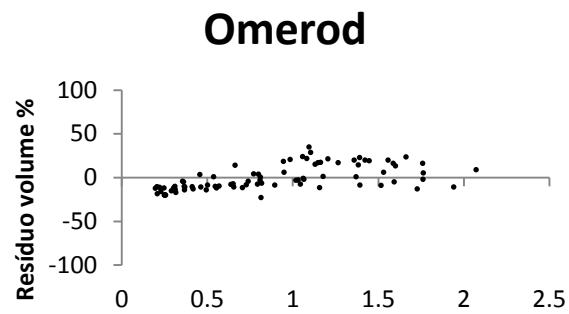


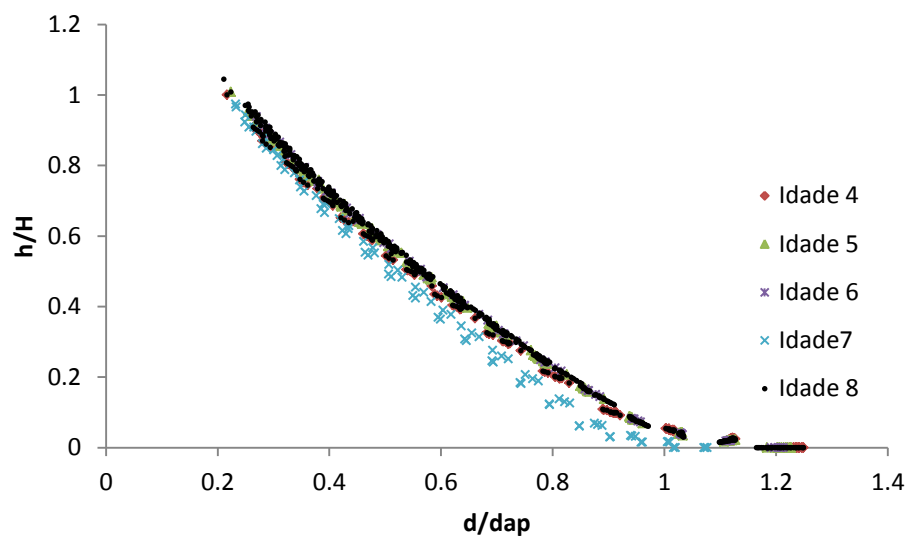
Figura.1-Análise gráfica residual para diâmetro, descrição do perfil do fuste e volume respectivamente

Para Kozak, apesar da eficiência um pouco maior, seus valores intermediários para a maior parte das análises estatísticas e gráfica não o credencia como uma função adequada para a estimativa de todas as variáveis.

A função de Garcia não obteve desempenho satisfatório para nenhuma variável testada. Ela obteve a nota mínima para a maior parte das estatísticas testadas e sua análise gráfica foi a pior para todas as estimativas, sendo colocada no estudo somente com a finalidade de comparação com as outras funções. Por outro lado, a função de Demarschalk mostrou alta acurácia de em todas as variáveis analisadas, sendo suas notas entre 4 e 5 para quase todos os quesitos observados. Porém para as variáveis diâmetro e volume, Garay e Omerod, respectivamente, foram tão precisos quanto. Embora não seja recomendado, o uso de apenas um modelo é uma prática constante para realizar estas estimativas, caso se deseje utilizar apenas um modelo para estimar as três variáveis, o modelo de Demarschalk (1991) foi o escolhido.

### 3.2- Efeito da idade na forma do fuste

A partir da curva criada por meio do modelo de maior exatidão Demaerschalk é possível notar um aumento da conicidade do perfil das árvores a medida que elas envelhecem, porém a sobreposição das curvas, mostra que não ocorre efeito significativo da idade no formato fuste. Além disso, essa função pode ser usada para descrever o perfil do fuste das árvores de eucalipto até 8 anos, assim como o seu afilamento com casca.



**Figura.2**-Curva do efeito da idade no fuste na população de eucalipto.

#### **4-CONCLUSÃO**

No presente trabalho foram feitas as estimativas das variáveis  $d_i$ ,  $d_i/dap$  e  $vt$ , nas quais por meio da comparação dos parâmetros estatísticos e análise gráfica, foi possível a seleção da função polinomial de Demaerschalk como de maior acuracidade para todas as variáveis. Analisando individualmente, foi notado o uso do modelo de Omerod para a estimativa de volume e Garay para  $d_i/dap$ , por elas apresentarem acuracidade semelhante a do modelo escolhido. A partir da equação de maior exatidão, foi possível mostrar que não ocorre efeito significativo da idade no formato fuste.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVADORES DE MADEIRA - **ABPM**. Boletim de Preservação. Boletim Eletrônico Semanal, v.5, n.239, 2005. Disponível em: <<http://www.abpm.com.br/>>. Acesso em: 25 ago. de 2013

CAMPOS, J.C.C.; LEITE, H.G. **Mensuração florestal: perguntas e repostas**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 548p.

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

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

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco energético nacional 2013**: ano base 2012. Rio de Janeiro, 2013. 288 p

DUBÈ, F. **Estudos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com Eucalyptus sp. no nordeste do estado de Minas Gerais: o caso da Companhia Mineira de Metais**. 1999. 146f. il. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERREIRA, S.O. **Estudo da forma do fuste de Eucalyptus grandis e Eucalyptus cloeziana**. 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

GARCIA, S. L. R.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. Análise do perfil do tronco de morototó (*Didymopanaxmorototoni*) em função do espaçamento. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO e CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura e Sociedade Brasileira de Engenheiro Florestais. 1993. v. 2, p. 485-491.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: PNUD/FAO/IBDF, CPFRC, 1975. 65 p. (SérieTécnica, 3).

GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Um novo modelo para descrever o perfil do tronco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n. 2, p. 170-180, 1992.

GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. 2004. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, SP.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. G. H. Taper function and their application in forest inventory. **The ForestryChroe**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969. nicl

LEITE, H. G.; GUIMARÃES, D. P.; CAMPOS, J. C. C. Descrição e emprego de um modelo para estimar múltiplos volumes de árvores. **Revista Árvore**, v. 19, n. 1, p. 65-79, 1995.

LEITE, H. G.; GAMA, J.R.V.; CRUZ, J.P.; SOUZA, A.L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (Roll.) Warb. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.1, p.99-106, 2006.

LOPES, P. F. **Modelo de distribuição de diâmetros para clones de eucalipto em sistema agroflorestal**. 2007. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PACIULLO, D. S. C.; MULLER, M. D.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, E. N. Quantificação de multiprodutos da madeira em sistemas agrossilvipastoris. 2009. Congresso Brasileiro De Sistemas Agroflorestais, 7., 2009, Luziania. **Anais...** Luziânia: SBSAF, 2009.

POSTES de Madeira de Eucaliptos. **Painel Florestal**. Agosto de 2009. Disponível em:<[http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=5269&cod\\_editorial=&url=news.php&pag=0&busca=](http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=5269&cod_editorial=&url=news.php&pag=0&busca=)>. Acessado em: 8 mar. 2014.

REMADE. **Revista da Madeira**. Postes de eucalipto tratado. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=918&subject=Emais&title=Postes\\_de\\_eucalipto\\_tratado](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=918&subject=Emais&title=Postes_de_eucalipto_tratado)>. Acessado em : 02 set. de 2013.

REMADE. **Revista da Madeira**. A madeira de eucalipto para postes. Disponível em:<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=409&subject=Postes&title=A%20madeira%20de%20eucalipto%20para%20postes](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=409&subject=Postes&title=A%20madeira%20de%20eucalipto%20para%20postes)>. Acessado em : 28 agos. de 2013.

SALLES, T. T. **Modelagem de crescimento e produção de clones de eucalipto em um sistema agroflorestal** . 2010. 97 f. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

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

SILVEIRA, D.P.; LEITE, G.G.; SILVEIRA, V.P.; MELIDO, R.C.N. Classificação de árvores de eucalipto para postes em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.4, p.875-882, 2011

SOARES, C.P.B.; MARTINS, F.B.; JUNIOR, H.U.L.; SILVA, G.F.; MOREIRA, L.T.; F. Equações hipsométricas, volumétricas e de taper para onze espécies nativas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n5, p.1039-1051, 2011.

SOARES, T.S.; SILVA, M.L.; GAMA, J.R.V.; CARVALHO, R.M.M.A.; VALE, R.S. Avaliação econômica de plantações de eucalipto submetidas a desbaste. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.481-486, 2003a.



SOUZA, A.N.; OLIVEIRA, A.D.; SCOLFORO, J.R.S.; REZENDE, J.L.P.;  
MELLO, J.M. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, v.13,  
n.1, p.96-106, 2007.

SOUZA, A. N.; **Crescimento, produção e análise econômica de povoamentos de Eucalyptus sp. em sistemas agroflorestais**. 2005. 203 p.  
Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras,  
Lavras ,MG.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação do carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do Cerrado em Minas Gerais**. 2003.  
98f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa,  
Viçosa.