



SELEÇÃO DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS PARA A PREDIÇÃO DO VOLUME TOTAL DE *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DE GOIÁS

Eder Pereira Miguel¹, Fabrício Assis Leal¹

Professor Mestre da Universidade de Brasília – UnB. CEP 70919-970 e Doutorando pela Universidade de Brasília – UnB, Brasília – DF. edermiguel@unb.br
Engenheiro Florestal, bolsista de mestrado do CNPq, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF – Brasil. fabricaoassisleal@yahoo.com.br

Recebido em: 04/05/2012 – Aprovado em: 15/06/2012 – Publicado em: 30/06/2012

RESUMO

Este estudo foi realizado em um povoamento de *Eucalyptus urophylla*, com uma densidade inicial de aproximadamente 1666 árvores por hectare, (3 x 2 m), em propriedade da Empresa Anglo American plc (CODEMIM), localizada no município de Niquelândia, no Estado do Goiás. O objetivo foi selecionar modelos volumétricos de simples e dupla entrada para a estimativa do volume total com casca. No total foram ajustados 16 modelos volumétricos, sendo dez (10) de dupla entrada e seis (6) de simples entrada. A base de dados foi composta por 48 árvores cubadas rigorosamente pelo método de Smalian, para o ajuste dos modelos volumétricos. As equações selecionadas foram avaliadas com base nos seguintes critérios para sua seleção: Gráfico de resíduos, Erro Padrão da Estimativa (S_{yx}) e Coeficiente de Determinação Ajustado (R^2). Os resultados apontaram que os modelos de Brenac, para a categoria de simples entrada e o modelo de Takata, para a categoria de dupla entrada foram os modelos selecionados para a estimativa do volume total com casca. Os modelos de dupla entrada em geral foram superiores aos de simples entrada, resultados estes que estão em consonância com a literatura, pois conseguem representar melhor a população amostrada, captando e explicando melhor suas variações em função do DAP e da Altura.

PALAVRAS-CHAVE: Inventário Florestal, Biometria Florestal, Floresta Plantada.

VOLUMETRIC EQUATIONS SELECTION FOR THE PREDICTION OF TOTAL VOLUME *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE IN NORTHERN STATE OF GOIÁS

ABSTRACT

This study was conducted in a stand of *Eucalyptus urophylla* with an initial density of approximately 1666 trees per hectare (3 x 2 m) in property of the Company Anglo American plc (CODEMIM), located in the Niquelandia, State of Goias. The objective was to select volumetric models of single and double entry for the estimation of bark volume. In total 16 models were adjusted volumetric, ten (10) and six (6) double entry of simple input. The database consisted of 48 trees measured strictly by Smalian method for adjusting the volume models. The selected equations were evaluated based on the following criteria for their selection: Chart of waste, standard error of estimate (S_{yx}) and adjusted coefficient of determination (R^2). The results showed that

the models Brenac to the category of simple model of entry and Takata, for the category of dual-input models were selected to estimate the total volume with bark. The dual-input models were generally superior to single entry, that these results are consistent with the literature, because they can better represent the same population sampled, capturing and better explaining their variations as a function of DAP and height.

KEYWORD: Forest Inventory, Forest Biometrics, Forest Planted.

1 - INTRODUÇÃO

Nos estudos florestais, um dos principais objetivos é a obtenção de estimativas de volume total com casca, sendo para isso muito utilizado as equações de volume comerciais ou totais, ajustadas de forma independente. Elas servem para estimar volumes individuais de árvores e, com base num procedimento de amostragem realizado no campo, utilizando unidades amostrais (parcelas), das mais diferentes formas e tamanho, chega à estimativa de volume por parcelas podendo em seguida ser extrapolado para o hectare e por fim, para toda a população em estudo.

A escolha de equações é uma fase importante no trabalho do inventário florestal, já que qualquer erro de tendência na estimativa do volume ou peso por árvore terá reflexos na estimativa da população, causando uma sub ou sobre avaliação da produção (SCOLFORO, 2005).

A preocupação com o planejamento, ordenamento e o uso da madeira, cada vez exigem uma maior precisão na quantificação do volume dos povoamentos florestais (MIGUEL *et al.* 2010).

O procedimento de maior uso na estimativa do volume individual é o emprego de equações em que o volume é a variável dependente, associado a variáveis independentes de fácil mensuração na floresta, como o diâmetro à altura do peito e a altura (MACHADO *et al.* 2002).

Existem diversos modelos volumétricos consagrados no meio florestal desenvolvidos para a obtenção da variável volume, os quais são ajustados para cada caso específico, gerando uma equação volumétrica, e essa quando oferece boas estatísticas é capaz de captar as variações do povoamento florestal e ao mesmo tempo estimar de forma confiável dentro de um erro permitido o volume presente da população.

Com base no mencionado o objetivo deste trabalho foi:

- Testar seis modelos de simples entrada para a obtenção do volume total com casca para o povoamento estudado;
- Testar dez modelos volumétricos de dupla entrada, para a obtenção do volume total com casca;
- Selecionar a melhor equação volumétrica, dentre todas, para o povoamento.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Caracterização da área de estudo

A área de estudo é de propriedade do Grupo Anglo American plc (CODEMIN), localizada no município de Niquelândia, no Estado de Goiás, entre os paralelos -14° 20' 00" e -14° 30' 00" de latitude Sul e entre os meridianos -48° 40' 00" e -48° 50' 00" de longitude Oeste.

De acordo com a classificação da Embrapa, na região do município de Niquelândia predominam solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, não hidromórficos com horizonte B latossólico, apresentando relação molecular Ki baixa, inferior a 1,9, de coloração variando de vermelho ao amarelo e gamas intermediárias. São normalmente muito profundos ou profundos, com sequência de horizontes A, B e C e com transições entre os sub-horizontes difusos e graduais, acentuadamente a bem drenados. Em sua maior parte estes solos da área são álicos, ou seja, com percentagem de saturação de alumínio superior a 50%, atingindo até valores próximos a 95%. Apresentam textura média e relevo plano, ondulado.

O clima, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw, característico dos climas úmidos tropicais, com duas estações bem definidas: seca, no inverno, iniciando no mês de maio, estendendo-se até o fim de agosto, e úmida no verão, que tem início em outubro indo até o mês de março, com transições, nas proximidades dos períodos que estão findando, com uma temperatura média anual de 28°C.

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo no município de Niquelândia/GO, bem como a localização do município no Estado de Goiás.

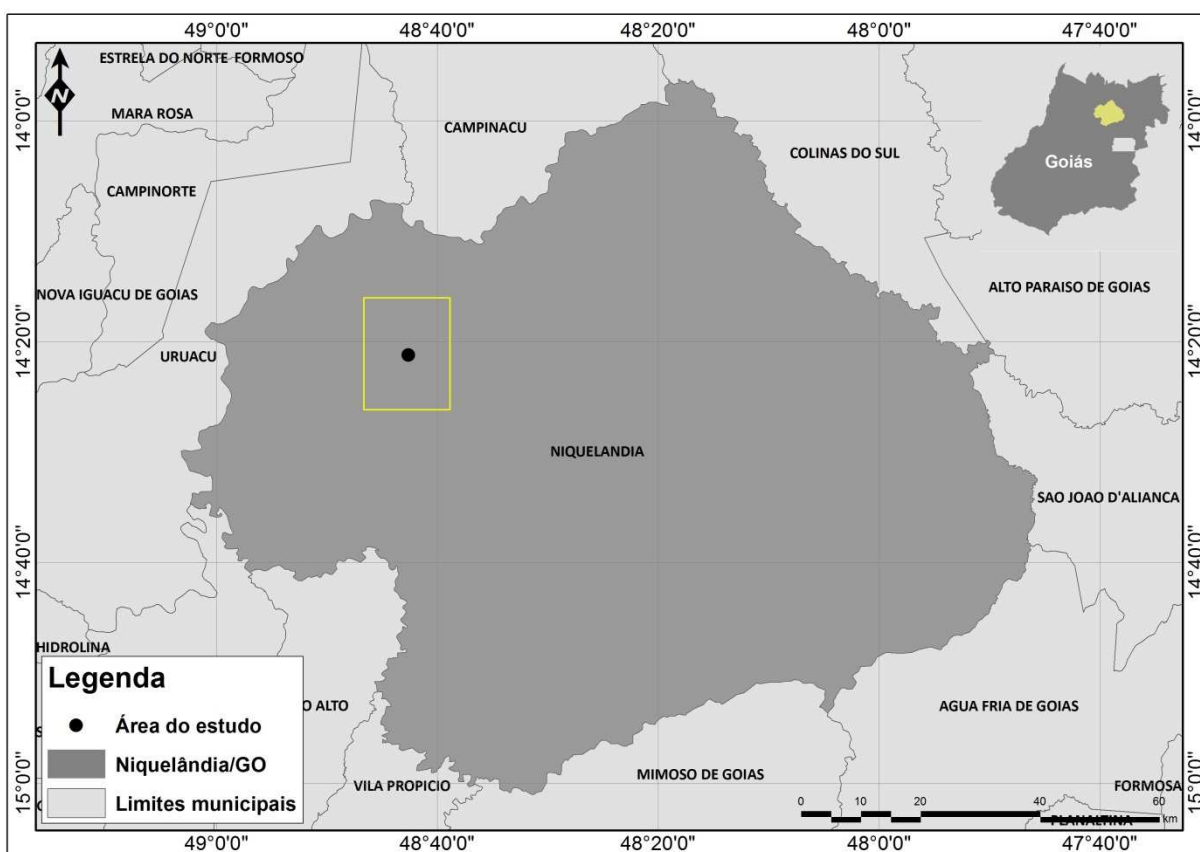


FIGURA 1: Município de Niquelândia/GO, local onde foi realizado o estudo.
Fonte: Pesquisa dos autores.

A empresa Anglo American plc (CODEMIM) possui um patrimônio fundiário de aproximadamente 12.000 ha (doze mil hectares), plantado com Eucaliptos, distribuídos no município de Niquelândia/Goiás, onde sua principal atividade é a obtenção do níquel. O eucalipto entra no processo da calcinação do metal para a obtenção da liga níquel, que posteriormente é transformada em granulados.

O povoamento selecionado para estudo está localizado no município de Niquelândia, situado na região norte do estado de Goiás, constituindo-se de um povoamento clonal de *Eucalyptus urophylla*, plantado em novembro de 2006. A densidade inicial do povoamento foi de 1666 árvores/ha (espaçamento de 3 x 2 metros).

No Quadro 1 encontra-se a caracterização do povoamento estudado, com base em dados advindos do inventário florestal contínuo, em 21 parcelas permanentes de 480 m².

QUADRO 1: Característica do povoamento de *Eucalyptus urophylla* estudado.

Características	
Denominação	Horto Aranha
Localização	Niquelândia/GO
Solos	Latossolo Vermelho-Amarelo
Material genético	Clones de <i>Eucalyptus urophylla</i>
Área	243 hectares
Altitude média	535 (m)
Idade	5 (anos)
DAP médio	11,3 (cm)
Altura Média	19,8 (m)
Nº de árvores inventariada por ha	1550
Área Basal por hectare	15,66 (m ²)
Altura dominante	21,5 (m)
D min	5,0 (cm)
D max	18,62 (cm)

Foram medidos os DAP's de todas as árvores que compunham as 21 parcelas, juntamente com a altura das 15 primeiras árvores medidas em cada parcela, mais a altura das cinco árvores dominantes pelo princípio de *Assmann*.

2.2 - Cubagem rigorosa

As árvores cubadas rigorosamente foram escolhidas baseando-se na distribuição diamétrica do povoamento; as classes de diâmetro adotadas com DAP mínimo de cinco (5) cm e amplitude de classe com as respectivas frequências de árvores cubadas por classe se encontram na Tabela 1.

TABELA 1: Frequência de árvores cubadas para o povoamento de *Eucalyptus urophylla*, nas diferentes classes de diâmetros adotadas.

Nº das classes	Intervalo de classes (cm)	Nº de árvores cubadas
1	5 --- 10	19
2	10 --- 15	19
3	15 --- 20	10
Total		48

As árvores cubadas foram selecionadas nas proximidades das parcelas permanentes. Para cada árvore amostrada foram realizadas medições da altura total (Ht) e diâmetro altura do peito (DAP). Os diâmetros foram medidos nas alturas 0,10m, 0,70 m, 1,30 m, 2,00 m, 4,00 m, e assim sucessivamente até atingir a altura total. Com a tomada de diâmetro nas referidas alturas, optou-se pelo método de Smalian para calcular os volumes, conforme descrito por HUSCH *et al.* (1982).

Com o procedimento da cubagem rigorosa foi possível obter, o volume total com casca para cada indivíduo. No total foram cubadas rigorosamente pelo método de Smalian 48 árvores.

2.3 - Ajuste dos modelos volumétricos

Com o volume advindo das 48 árvores cubadas rigorosamente, pelo método de Smalian, foram ajustados os modelos volumétricos de simples entradas Tabela 2 e dupla entrada Tabela 3, visando encontrar um modelo que estime de forma confiável o volume individual total de cada árvore.

TABELA 2: Modelos volumétricos de simples entrada ajustados.

Autores	Modelo
Kopezky-Gehhardt	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \varepsilon$
Dissescu-Meyer	$V = \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Hohenadl-Krenm	$V = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \varepsilon$
Berkhout	$V = \beta_0 dap^{\beta_1} + \varepsilon$
Husch	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \varepsilon$
Brenac	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \beta_2 \frac{1}{dap} + \varepsilon$

TABELA 3: Modelos volumétricos de dupla entrada ajustados.

Autores	Modelo
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 ht + \varepsilon$
Schumacher-Hall	$V = \beta_0 dap^{\beta_1} ht^{\beta_2} + \varepsilon$
Honner	$V \frac{dap^2}{\beta_0 + \beta_1 \frac{1}{ht}} + \varepsilon$
Ogaya	$V = dap^2 (\beta_0 + \beta_1 ht) + \varepsilon$
Stoate	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 ht + \beta_3 ht + \varepsilon$
Naslund	$V = \beta_1 dap^2 + \beta_2 dap^2 ht + \beta_3 dapht^2 + \beta_4 ht^2 + \varepsilon$
Takata	$V = \frac{dap^2 ht}{\beta_0 + \beta_1 dap} + \varepsilon$
Spurr (log)	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Ln(dap^2 ht) + \varepsilon$
Schumacher-Hall Log	$LnV = \beta_0 + \beta_1 * Ln(dap) + \beta_2 * Ln(ht) + \varepsilon$
Meyer	$V = \beta_0 + \beta_1 dap + \beta_2 dap^2 + \beta_3 dapht + \beta_4 dap^2 ht + \beta_5 ht + \varepsilon$

V = Volume (m³); dap = Diâmetro a altura do peito 1,30 m; Ln = Logaritmo natural; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = Parâmetros a serem estimados; ht = Altura total (m); ε = Erro.

A partir do ajuste das equações volumétricas pode-se estimar os volumes individuais totais das árvores das parcelas, mas antes disso foi preciso escolher qual o modelo matemático que melhor apresentou as estatísticas de ajuste e precisão.

2.4 - Escolha do melhor modelo

A seleção da melhor equação ajustada, para o volume total, foi analisada através das seguintes estatísticas com suas respectivas ordens de importância: Análise gráfica dos resíduos (%), Erro padrão da estimativa na escala da variável dependente (S_{yx}) em percentagem ($S_{yx}\%$), e por último o Índice de ajuste de Schlaegel (I.A).

O R^2_{aj} pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$R^2_{aj.} = 1 - \left[\left(\frac{S.Q.res.}{S.Q.total} \right) * \left(\frac{n-1}{n-p} \right) \right]$$

Onde:

S. Q. res. = soma de quadrados do resíduo;

S. Q. total = soma de quadrados total;

n = número de observações;

p = número de coeficientes do modelo matemático.

O Erro padrão da Estimativa (S_{yx}) ou (EPR), é obtido através da seguinte fórmula:

$$s_{yx} = \sqrt{\frac{(Y_i - Y_e)^2}{n-p}} \quad s_{yx}\% = \frac{s_{yx}}{Y_m} * 100$$

Onde:

S_{yx} = Erro padrão da estimativa;

$S_{yx}\%$ = Erro padrão da estimativa em porcentagem;

Y_i = Volume observado;

Y_e = Volume estimado;

Y_m = Volume médio observado;

n = Número de observações;

p = Número de coeficientes do modelo matemático.

Nos modelos onde a variável dependente sofreu transformação recalculou-se o coeficiente de determinação e o erro padrão da estimativa. O índice de ajuste de Schlaegel (I.A) tem essa finalidade de retransformar a variável que sofreu transformação (BARTOSZECK *et al.* 2002), como é o caso das equações logarítmicas para equações aritméticas, a fim de que se possa comparar o Coeficiente de determinação (R^2). Para a aplicação do índice de ajuste de Schlaegel (I.A) tem-se a seguinte fórmula:

$$I.A. = 1 - \frac{S.Q.res.}{S.Q.total}$$

Onde:

I.A = Índice de ajuste de Schlaegel;

S. Q. res. = Soma de quadrados dos resíduos;

S. Q. total = Soma de quadrados total.

As equações matemáticas que trabalha na escala logarítmica fornecem posteriormente o logaritmo da variável de interesse, sendo assim, se torna necessário calcular o ante logaritmo desta variável, para obter os valores na sua

forma real. Porém na realização deste procedimento, existe um erro conhecido como discrepância logarítmica que geralmente subestima a variável estimada.

Para minimizar esta discrepância, foi desenvolvido um fator que consegue resolver este problema, conhecido como Fator de correção de Meyer (*Fm*), tanto para modelos que usam a base 10, como a base natural (MEYER, 1941; SPRUGEL, 1983; PARRESOL, 1999 *apud* ROLIM, 2006). A fórmula para o Fator de Meyer é a seguinte:

$$Fm = e^{0,5 * Q.M.res.}$$

Onde:

e = Base do logaritmo natural (2,718281828...);

Q.M.res = Quadrado médio dos resíduos.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Ajustes dos modelos volumétricos de simples entrada para a estimativa do volume total com casca

Foram ajustados seis modelos de simples entrada para a obtenção dos volumes total com casca. A Tabela 4 mostra os resultados dos ajustes dos modelos volumétricos de simples entrada para a estimativa do volume total com casca.

TABELA 4: Resultado dos coeficientes estimados para os modelos volumétricos de simples entrada para a estimativa do volume total com casca.

Autores	Equações ajustadas
Kopezky-Gehhardt	$Vt = -0,0100700035 + (0,0004182741 * (dap^2))$
Dissescu-Meyer	$Vt = (-0,0021189638 * dap) + (0,0005119773 * (dap^2))$
Hohenadl-Krenm	$Vt = 0,0102454666 + (-0,0039880002 * dap) + (0,000588142 * (dap^2))$
Berkhout	$Vt = 0,000098211 * (dap^{2,483898419})$
Husch	$LnVt = -9,3518931276 + (2,5269621499 * \ln(dap))$
Brenac	$LnVt = -9,0329234162 + (2,42875255 * \ln(dap)) + (-0,84018 * \left(\frac{1}{dap}\right))$

A Tabela 5 apresenta as estatísticas de ajuste e precisão, calculadas para os modelos de simples entrada ajustados para a estimativa do volume total, em função do DAP.

TABELA 5: Estatísticas de ajuste e precisão dos modelos volumétricos ajustados para a estimativa do volume total em função do DAP.

Modelos	S _{yx} (m ³)	S _{yx} (%)	R ² (%)	R ² Ajustado (%)
Kopezky-Gehhardt	0,00720	14,49	97,06	97,06
Dissescu-Meyer	0,00669	13,36	97,64	97,53
Hohenadl-Krenm	0,00651	13,13	97,64	97,53
Berkhout	0,00667	13,31	97,52	97,47
Husch	0,00670	13,37	99,01	98,98
Brenac	0,00670	13,37	99,02	98,98

Conforme apresentado na Tabela 5 a equação de Husch e a equação de Brenac apresentaram um alto valor para o coeficiente de determinação ajustado igual a 98,98%. Estes bons resultados também apareceram no erro padrão da

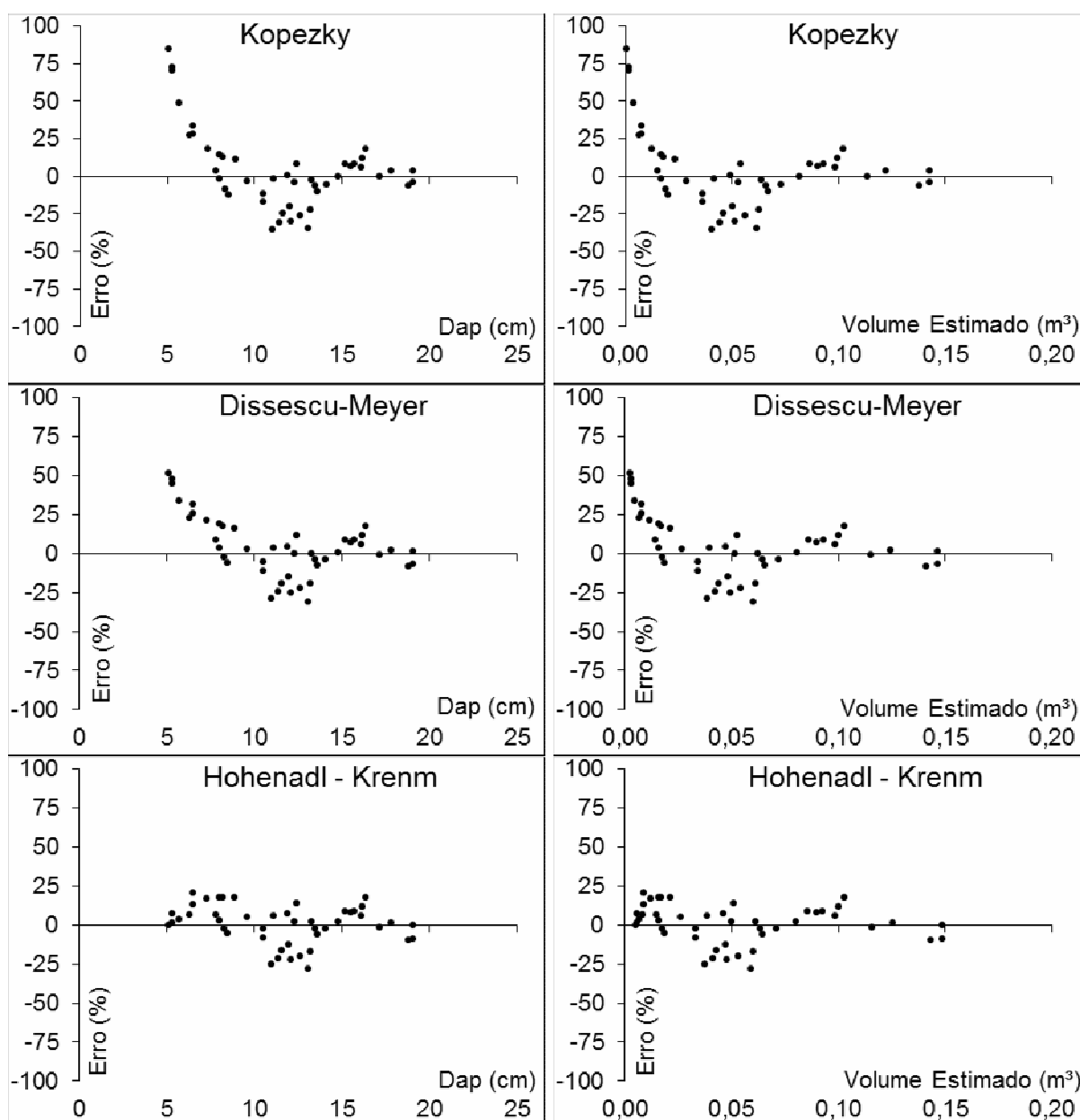
estimativa ($S_{yx}\%$), 13,37%, porém a equação de Hohenadl-Krenm apresentou um erro ainda menor (13,13%) mesmo não tendo um coeficiente de determinação igual às outras duas mencionadas.

MIGUEL *et al.* (2010) trabalhando com *Eucalyptus grandis* também constatou que a equação de Brenac e a equação de Husch apresentaram um valor superior aos outros modelos para o coeficiente de determinação ajustado igual a 98,77% para o modelo de Brenac, e 98,70% para o modelo de Husch.

Este mesmo fato também foi verificado nas equações de Berkhout e Meyer. Os piores resultados foram apresentados pelo modelo de Kopezky-Gehradt para estimar o volume total em função do DAP.

Segundo ROLIM *et al.* (2006), os modelos de simples entrada de Kopezky-Gehradt e de Hohenadl-Krenn são tendenciosos, o que pode explicar o porquê dos valores baixos de R^2 e altos de S_{yx} .

A seleção do melhor ajuste, para estimar o volume total, foi realizada com o auxílio da distribuição gráfica dos resíduos percentuais, conforme a Figura 2.



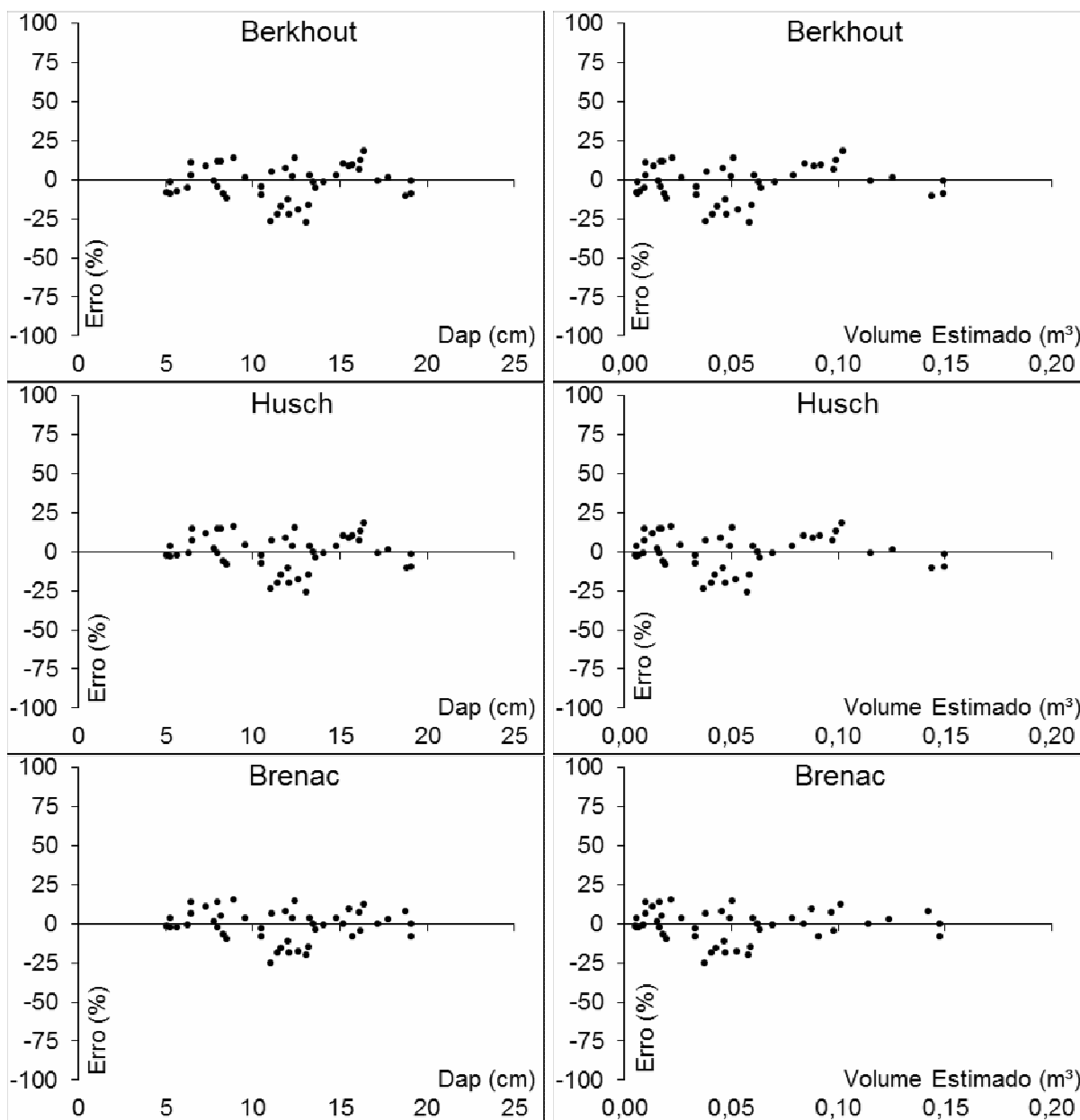


FIGURA 2: Distribuição dos resíduos percentuais em função do DAP, e da variável estimada para as seis equações volumétricas de simples entrada testadas.

Fonte: Pesquisa dos autores.

Para os modelos de Kopezky-Gehrhardt, e Dissescu-Meyer, é notória uma clara tendência de subestimativa para as árvores de menores diâmetros, enquanto que o modelo de Hohenadl-Krenm apresentou ligeira tendência em superestimativa para estas mesmas árvores de menores diâmetros. Essa pequena tendência é vista também nos modelos de Berkhout, Husch e Brenac, porém de uma forma mais branda.

Após uma minuciosa análise nos gráficos de resíduos, juntamente com as estatísticas apresentadas na Tabela 5, o modelo de Brenac apresentou os melhores resultados para a estimativa do volume total com casca.

Esta ligeira superioridade do modelo de Brenac, também foi vista em trabalhos realizados por MIGUEL (2009), ao ajustar modelos de simples entrada para povoamentos de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás.

Houve uma tendência nos modelos de Kopezky-Gehrhardt, e Dissescu-Meyer, em subestimar o volume para as árvores de menores diâmetros, enquanto que o modelo de Hohenadl-Krenm apresentou a mesma ligeira tendência em superestimativa para estas mesmas árvores de menores diâmetros.

Essa pequena tendência é vista também nos modelos de Berkhout, Husch e Brenac, porém de uma forma mais branda. Sendo assim o modelo de Brenac se mostrou mais uma vez como sendo superior aos demais, após uma minuciosa análise nos gráficos de resíduos juntamente com as estatísticas apresentadas na Tabela 5.

3.2 - Ajustes dos modelos volumétricos de dupla entrada para a estimativa do volume total com casca

Os modelos de dupla entrada geralmente conseguem melhores resultados estatísticos que os modelos de simples entrada, em decorrência de melhor representar as características da população amostrada, diâmetro e altura.

A Tabela 6 apresenta os resultados dos ajustes dos modelos volumétricos de dupla entrada para a estimativa do volume total com casca.

TABELA 6: Resultado dos coeficientes estimados para os modelos volumétricos de dupla entrada para a estimativa do volume total com casca.

Autores	Equações ajustadas
Spurr	$V_t = 0,0016265 + (0,0000164303 * dap^2) * ht$
Schumacher-Hall	$V_t = 0,0000259048 * (dap^{1,8469523394}) * (ht^{0,9964296916})$
Honner	$V_t \frac{dap^2}{\left(173,728598 + \left(55104,216636 \frac{1}{ht}\right)\right)}$
Ogaya	$V_t = dap^2 * (0,0000579523 + (0,0000141758 * ht))$
Takata	$V_t = \frac{dap^2 * ht}{29466,2422041 + (10,975966 * dap)}$
Stoate	$V_t = -0,0105684641 + (0,0000567201 * dap^2) + (0,00001297 * (dap^2 * ht)) + (0,0007990 * ht)$
Naslund	$V_t = (0,00013717 * dap^2) + (0,0000036431 * (dap^2 * ht)) + (0,0000072667 * (dap * ht^2)) + (-0,0000362453 * ht^2)$
Spurr (log)	$LnV_t = -10,8602330755 + (0,9854303194 * Ln(dap^2 * ht))$
Meyer	$V_t = 0,0371972 + (-0,015982858 * dap) + (0,000926459 * dap^2) + (0,000613177 * (dap * ht)) + (-0,0000229829 * (dap^2 * ht)) + (-0,000353745 * ht)$
Schumacher-Hall Log	$LnV_t = -11,1225250027 + (1,8687564416 * Ln(dap)) + (1,1612189974 * Ln(ht))$

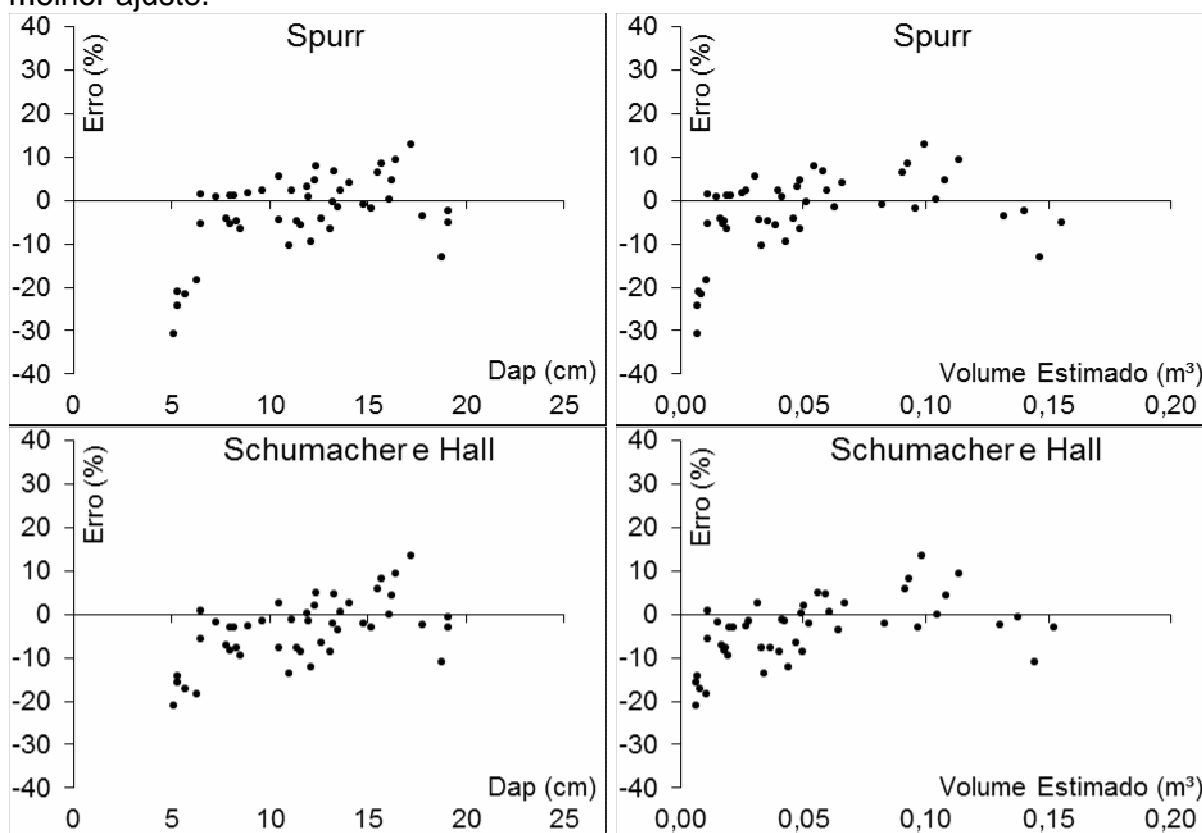
Na Tabela 7 estão às estatísticas de ajuste e precisão calculadas para os modelos de dupla entrada ajustados para a estimativa do volume total com casca, em função do DAP e da Altura Total.

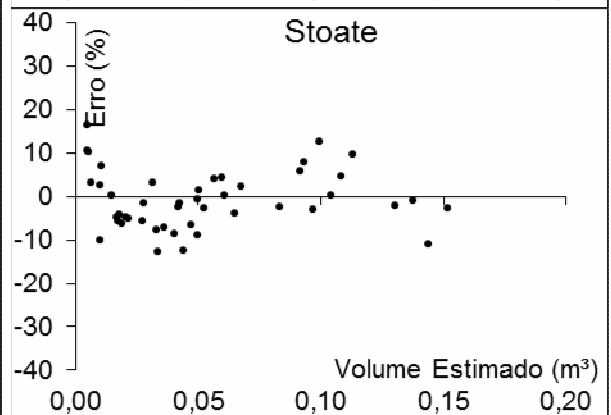
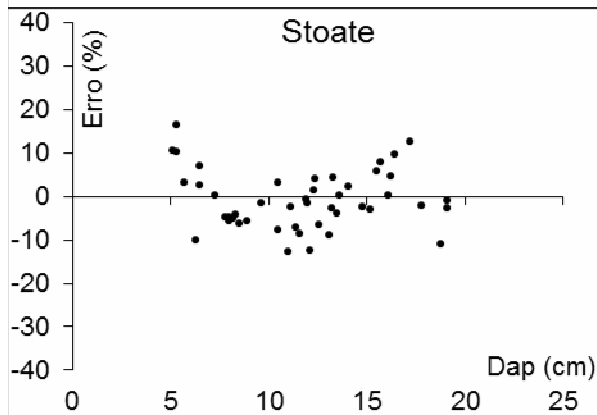
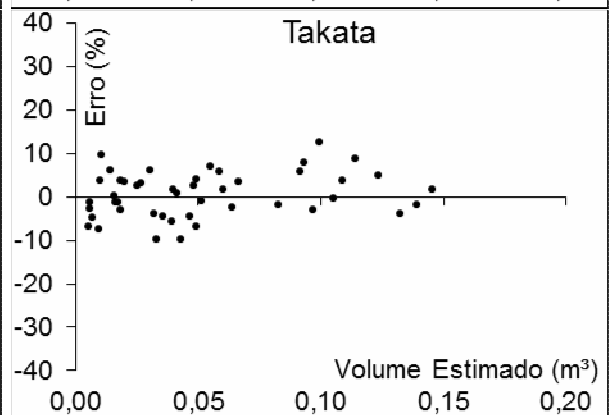
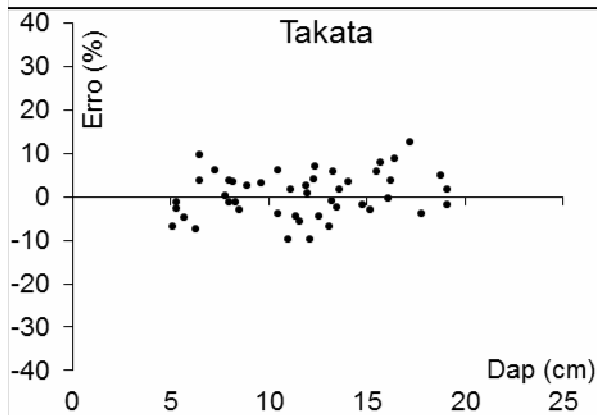
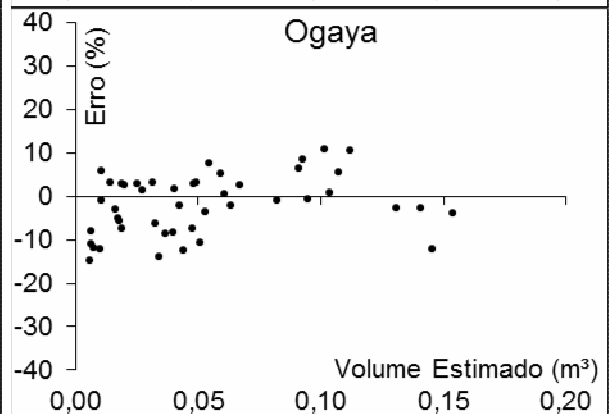
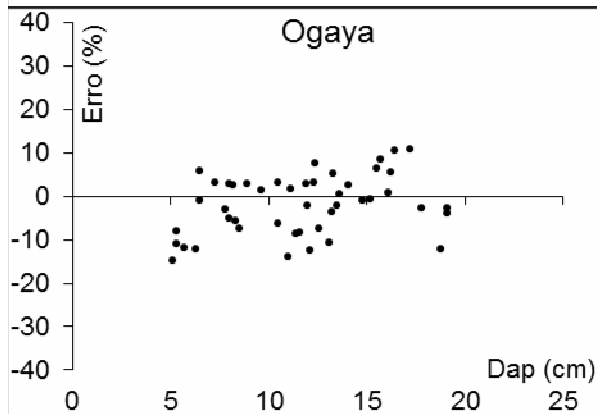
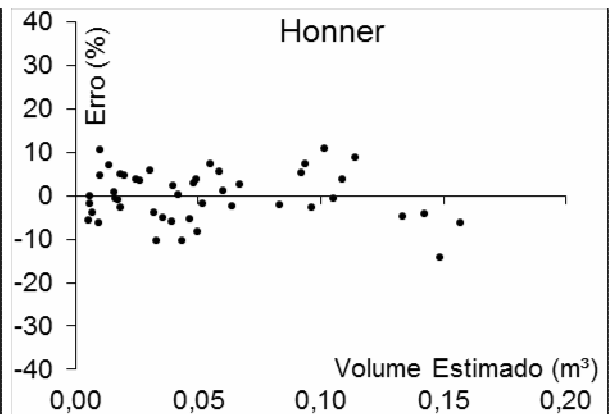
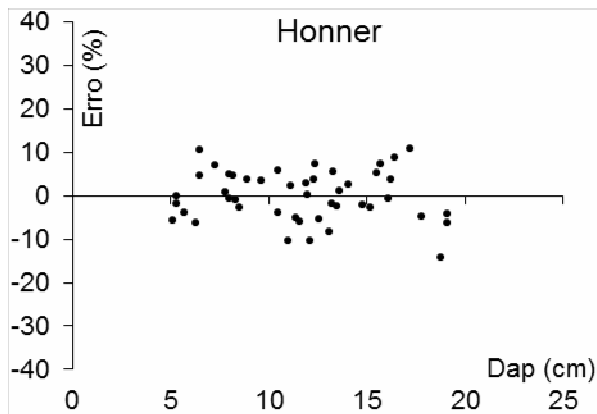
TABELA 7: Estatísticas de ajuste e precisão dos modelos volumétricos de dupla entrada ajustados para a estimativa do volume total com casca em função do DAP e da altura total.

Modelos	S_{yx} (m ³)	S_{yx} (%)	R ² (%)	R ² Ajustado (%)
Spurr	0,00460	9,18	98,82	98,79
Schumacher-Hall	0,00430	8,72	98,96	98,91
Honner	0,00461	9,19	98,82	98,79
Ogaya	0,00448	8,95	98,88	98,86
Takata	0,00443	8,86	98,90	98,88
Stoate	0,00436	8,71	98,98	98,91
Naslund	0,00433	8,16	99,59	99,56
Spurr (log)	0,00460	9,20	99,75	99,20
Meyer	0,00369	7,38	99,30	99,22
Schumacher-Hall Log	0,00479	9,58	99,76	99,70

Embora o modelo de Schumacher-Hall Log, tenha apresentado o maior Coeficiente de determinação (R² ajustado.), por outro lado, juntamente com os modelos de Spurr (log), Honner e Spurr, apresentaram os piores erros padrões da estimativa (S_{yx}). No entanto vale ressaltar que todos os modelos ajustados apresentaram estatísticas bastante aceitáveis, no entanto houve uma superioridade no Modelo de Meyer, apresentando assim o menor erro padrão da estimativa.

A Figura 3 mostra a distribuição gráfica dos resíduos para a estimativa do volume total com casca, para os 10 modelos, como critério decisivo, na escolha do melhor ajuste.





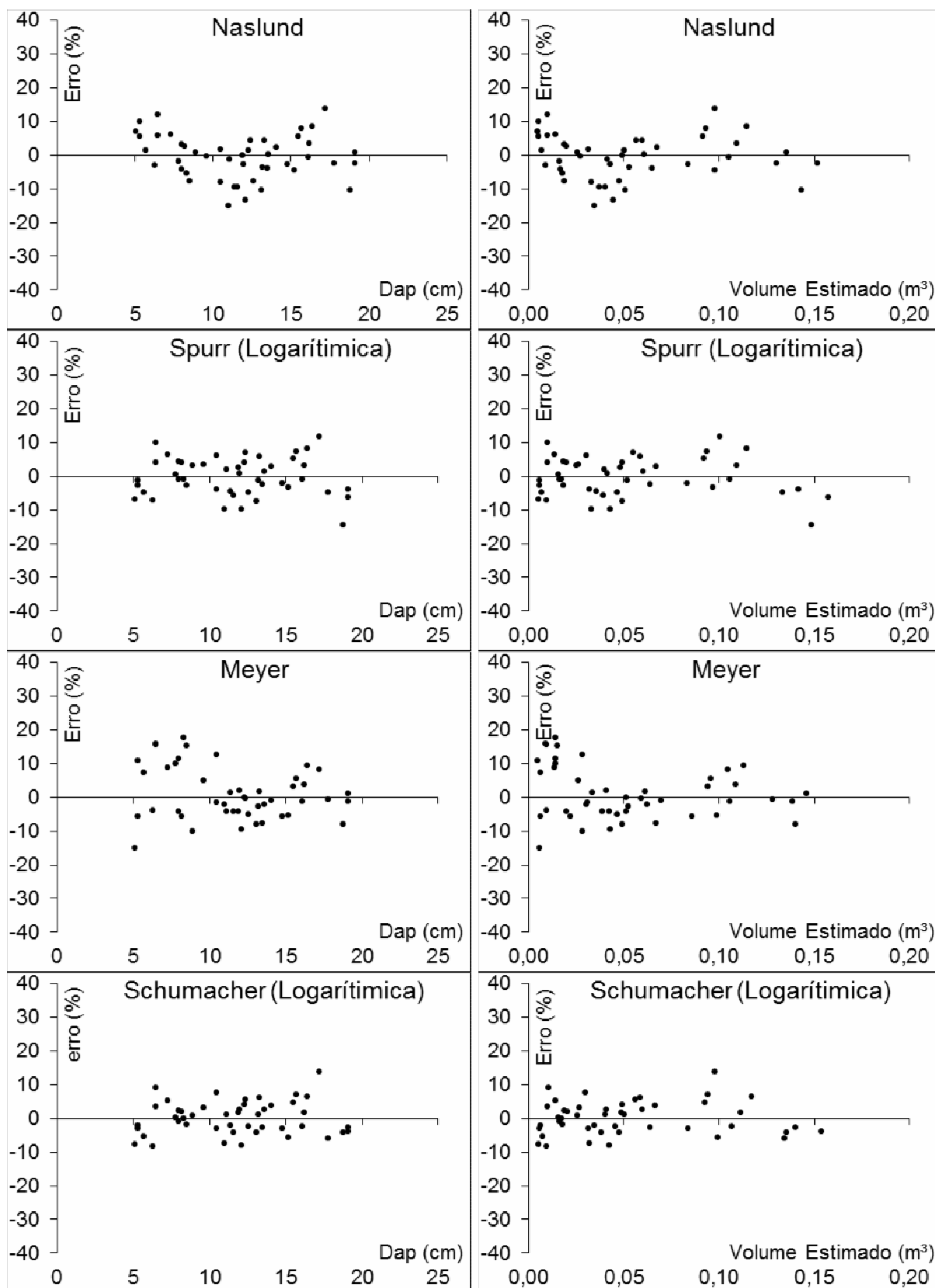


FIGURA 3: Distribuição dos resíduos percentuais em função do DAP, e da variável estimada para as dez equações volumétricas de dupla entrada testadas. Fonte: Pesquisa dos autores.

Após analisar a Figura 3, fica evidenciada uma subestimação do modelo de Stoate nas classes de menores diâmetros, sendo visível também no modelo de Naslund, porém de forma mais branda.

Por outro lado os modelos de Spurr, Schumacher-Hall e Ogaya apresentaram clara tendência de inflacionar estes valores nas classes de menores diâmetros, e o Modelo de Meyer, mesmo apresentando o menor erro padrão da estimativa, apresentou uma deficiência também de estimar o volume nas menores classes, levando a uma superestimação dos menores diâmetros, sendo assim descartado.

Os modelos de Spurr (log), Schumacher-Hall Log, e Honner, apresentaram uma boa distribuição de resíduos, porém todos eles apresentaram características de inflacionar os valores de maiores diâmetros.

Já o modelo de Takata mostrou-se superior a todos na distribuição gráfica de resíduos, revelando uma distribuição homogênea dos resíduos, e com um erro padrão da estimativa, bastante considerável, sendo assim foi o modelo escolhido para a estimativa do volume total no presente povoamento estudado.

A mesma conclusão teve MIGUEL (2009) em que para os modelos volumétricos de dupla entrada (volume em função do DAP e Altura) a equação advinda do modelo não linear de Takata apresentou-se como a mais estável dentre os diversos testados, recomendando-o para a estimativa da variável volume total em plantios de *Eucalyptus grandis* no município de Rio Verde/Goiás ou para povoamentos que apresentem características semelhantes;

4 - CONCLUSÕES

Para a estimativa da variável volume total com casca, o modelo de simples entrada de Brenac se mostrou superior aos demais em todos os casos.

Os modelos de dupla entrada em geral foram superiores aos de simples entrada, resultados estes que estão em consonância com a literatura, pois estes mesmos conseguem representar melhor a população amostrada, captando e explicando melhor suas variações em função do DAP e da Altura.

Dos modelos de dupla entrada testados, o modelo de Takata apresentou-se como o mais adequado para a estimativa do volume total para o povoamento estudado.

REFERÊNCIAS

BARTOSZECK, A.C.P.S.; MACHADO, S.A.; FILHO, A.F.; OLIVEIRA, E.B.de. **Modelagem da relação hipsométrica para bracingais da região metropolitana de Curitiba/PR.** Revista Floresta n°32. Pág. 189-204. 2002.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEER, T.W. **Forest mensuration.** 3.ed. New York: J. Wiley & Sons, 1982. 402p.

MACHADO, S. A.; CONCEIÇÃO, M. B.; FIGUEIREDO, D. J. **Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*.** Ciências Exatas e Naturais, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 185-196, 2002.

MIGUEL E.P; CANZI, L.F; RUFINO, R.F; SANTOS, G.A. dos. **Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus***

grandis localizados no município de Rio Verde – GO. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, N.11; 2010.

MIGUEL, E.P. **Desenvolvimento de equações hipsométricas e volumétrica 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).

ROLIM, S. G. et al. **Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA).** Acta Amazônica, Amazônia, v. 36, p.107-114, 2006.

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.