

**VOLUMETRIA, PESO DE MATÉRIA SECA,
TEOR DE TANINO E CORTIÇA PARA O
CERRADO *SENSU STRICTO* EM MINAS
GERAIS**

ANA LUIZA RUFINI

2008

ANA LUIZA RUFINI

**VOLUMETRIA, PESO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE TANINO E
CORTIÇA PARA O CERRADO *SENSU STRICTO* EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo

**LAVRAS
MINAS GRAIS - BRASIL
2008**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Rufini, Ana Luiza.

Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado
Sensu Stricto em Minas Gerais. / Ana Luiza Rufini. -- Lavras : UFLA, 2008.
264 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: José Roberto Soares Scolforo.

Bibliografia.

1. Equações volumétricas. 2. Biomassa. 3. Teste de identidade.

I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD- 333.953.9

ANA LUIZA RUFINI

**VOLUMETRIA, PESO DE MATÉRIA SECA, TEOR DE TANINO E
CORTIÇA PARA O CERRADO *SENSU STRICTO* EM MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Florestas de Produção, para a obtenção do título de “Mestre”.

Aprovada em 10 de março de 2008.

Prof. Dr. José Márcio de Mello	UFLA
Prof. Dr. Antônio Donizette de Oliveira	UFLA
Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado	UFPR

Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo - UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

À Deus,

À Nossa Senhora, e

Ao progresso humano, realizado de maneira sustentável.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Devo, antes de tudo, agradecer a DEUS, pela força para levantar nas horas difíceis e pelo discernimento nas horas necessárias. E à Nossa Senhora, pelas inúmeras intercessões e pelo acalento.

Aos meus pais (Bruno e Ana) e irmãos (Sílvia, Bruno e Márcia), que desempenham um papel quase divino ao me proporcionarem acolhimento e muita paciência.

Não menos importante, e que soube compreender minhas ausências e me acolher em seus braços a cada retorno, está o meu amor, Léo, meu porto seguro, minha âncora, meu norte, minha vida.

Gostaria também de agradecer ao professor José Roberto Scoforo, por seus conhecimentos e experiências compartilhados e por sua orientação.

Aos professores do Lemaf: Donizette, José Márcio, Luis Marcelo e Fausto, pela disposição em ajudar todas as vezes que se fez necessário.

Aos companheiros e amigos Zigoto, Dani e Geninho, obrigado pelo companheirismo, pela ajuda, por tudo.

Às equipes de campo, ao Charles e a todos os estagiários do Lemaf, obrigada pela imensa ajuda prestada, pelas horas de trabalhos juntos e pelas muitas risadas. Sem estas presenças, este trabalho não seria concluído.

A todas as pessoas que trabalham no Lemaf, aqui representados pela Gláucia, Bete, Márcia, José Carlos e Pacheco, e às secretárias do DCF, Chica, Teresinha e Rose, obrigada por tudo.

À Capes, pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos.

Ao IEF, pelo apoio ao Projeto Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos do Estado de Minas Gerais.

E a todos que contribuíram para a conclusão de mais uma etapa em minha vida. Muito obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE FIGURAS	
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	
1 Introdução geral	001
2 Referencial teórico	004
2.1 O Cerrado	004
2.2 Volume	005
2.2.1 Forma da árvore	005
2.2.2 Cubagem rigorosa	006
2.2.3 Estimativa de volume	008
2.3 Densidade básica	011
2.4 Identidade entre modelos	013
2.5 Taninos vegetais	016
2.6 Cortiça	018
2.7 Caracterização de espécies de valor econômico	018
2.7.1 <i>Anadenanthera colubrina</i> (Benth.) Brenan	018
2.7.2 <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	019
2.7.3 <i>Kielmeyera coriacea</i>	020
3 Materias e métodos geral	022
3.1 Caracterização da área estudada	022
3.1.1 Bacia do Rio São Francisco	022
3.1.2 Bacias do Rio Grande/Alto Paranaíba	024
3.2 Cubagem rigorosa	030
3.3 Densidade básica	035
3.4 Tanino	040
3.5 Modelos para estimativa	041
3.6 Teste de identidade de modelos	043
4 Referências bibliográficas	048
CAPÍTULO 2: Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para o volume de madeira do Cerrado <i>Sensu Stricto</i> na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais	057
1 Resumo	058
2 Abstract	059
3 Introdução	060
4 Resultados e discussões	062

4.1 Seleção de equações volumétricas	062
4.1.1 Volume Total	062
4.1.2 Volume de Fuste	067
4.2 Teste de identidade de modelos	072
4.3 Volume de galhos ou de copa	076
4.4 Comportamento da variável volume	076
4.5 Porcentagem de casca	079
4.6 Intensidade amostral	081
5 Conclusões	083
6 Referências bibliográficas	084

CAPÍTULO 3: Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para o peso de matéria seca do Cerrado <i>Sensu Stricto</i> na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais	086
1 Resumo	087
2 Abstract	088
3 Introdução	089
4 Resultados e discussões	091
4.1 Seleção de equações para o peso de matéria seca	091
4.2 Teste de identidade de modelos	093
4.3 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca	095
5 Conclusões	100
6 Referências bibliográficas	101

CAPÍTULO 4: Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para as variáveis volume, peso de matéria seca e produção de tanino do Angico vermelho (<i>Anadenathera colubrina</i> (Benth.) Brenan) em Minas Gerais	102
1 Resumo	103
2 Abstract	104
3 Introdução	105
4 Resultados e discussões	107
4.1 Seleção de equações	107
4.1.1 Volume Total	107
4.1.2 Volume de Fuste	111
4.1.3 Peso de matéria seca	116
4.1.4 Tanino	119
4.2 Teste de identidade de modelos	123
4.2.1 Volume total e de fuste	124
4.2.2 Peso de matéria seca	127
4.2.3 Tanino	128
4.3 Comportamento do volume	130

4.4 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca	132
4.5 Comportamento do teor de tanino	135
5 Conclusões	138
6 Referências bibliográficas	139

CAPÍTULO 5: Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para as variáveis volume, peso de matéria seca e produção de tanino do Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) em Minas Gerais

1 Resumo	142
2 Abstract	143
3 Introdução	145
4 Resultados e discussões	147
4.1 Seleção de equações	149
4.1.1 Volume Total	149
4.1.2 Volume de Fuste	159
4.1.3 Peso de matéria seca	168
4.1.4 Tanino	173
4.2 Teste de identidade de modelos	178
4.2.1 Volume total e de fuste	178
4.2.2 Peso de matéria seca	183
4.2.3 Tanino	184
4.3 Comportamento do volume	186
4.4 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca	193
4.5 Comportamento do teor de tanino	196
5 Conclusões	200
6 Referências bibliográficas	202

CAPÍTULO 6: Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para as variáveis volume, peso de matéria seca e produção de cortiça do Pau-Santo (*Kielmeyera coriacea*) em Minas Gerais

1 Resumo	204
2 Abstract	205
3 Introdução	207
4 Resultados e discussões	209
4.1 Seleção de equações	211
4.1.1 Volume Total	211
4.1.2 Volume de Fuste	211
4.1.3 Peso de matéria seca	221
4.1.4 Volume de casca	235
4.2 Teste de identidade de modelos	240
4.2.1 Volume total e de fuste	240

4.2.2 Peso de matéria seca	244
4.2.3 Volume de casca	245
4.3 Comportamento do volume	247
4.4 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca	253
4.5 Porcentagem de casca	257
5 Conclusões	261
6 Referências bibliográficas	263

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1	Frequência de árvores cubadas, por classe diamétrica, em centímetros (CLD) e classe de altura, em metros (CLH), para cada região de estudo	024
TABELA 2	Frequência de árvores cubadas de Angico vermelho em cada município, de acordo com sua classe diamétrica em centímetros (CLD) e sua classe de altura em metros (CLH)	027
TABELA 3	Frequência de árvores cubadas de Barbatimão em cada município, de acordo com sua classe diamétrica em centímetros (CLD) e sua classe de altura em metros (CLH)	027
TABELA 4	Frequência de árvores cubadas de pau-santo em cada município, de acordo com sua classe diamétrica, em centímetros (CLD) e sua classe de altura, em metros (CLH)	029
TABELA 5	Modelos ajustados para volume de madeira, peso de matéria seca, teor de tanino e volume de casca	042
TABELA 6	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume total com casca	063
TABELA 7	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume total sem casca	064
TABELA 8	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume de fuste com casca	068
TABELA 9	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos	069

	erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume de fuste sem casca	
TABELA 10	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, em todas as combinações possíveis das três regiões da bacia do rio São Francisco, para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc)	073
TABELA 11	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, em todas as combinações possíveis das três regiões da bacia do rio São Francisco, para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc)	074
TABELA 12	Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação, em porcentagem e erro padrão residual, em porcentagem e em m^3), para as variáveis estudadas	075
TABELA 13	Valores médios de volume para fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em metros cúbicos e em porcentagem, para cada classe diamétrica (CLD)	078
TABELA 14	Valores de porcentagem de casca no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro, distribuídos nas diferentes classes diamétricas, para as regiões 1, 2 e 3, da bacia do rio São Francisco	080
TABELA 15	Número de árvores prescritas para serem cubadas, de acordo com a intensidade amostral (IA), por classe de diâmetro	082
TABELA 16	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em tonelada, para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável peso de matéria seca	092
TABELA 17	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, em todas as combinações possíveis das três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável peso de matéria seca (PS)	094

TABELA 18	Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m ³), para a variável peso de matéria seca (PS)	095
TABELA 19	Valores médios de densidade básica da madeira (DMA) e da casca, para 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial (até 3 cm de diâmetro com casca), e de peso de matéria seca (PS) por classe diamétrica, para o Cerrado nas regiões 1, 2 e 3 da bacia do rio São Francisco	096
TABELA 20	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (Ē), em m ³ , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume total com casca	108
TABELA 21	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (Ē), em m ³ , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume total sem casca	109
TABELA 22	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (Ē), em m ³ , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume de fuste com casca	112
TABELA 23	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (Ē), em m ³ , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume de fuste sem casca	113
TABELA 24	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e a média dos erros (Ē), em toneladas, de todos os modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável peso de matéria seca	118
TABELA 25	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e a média dos erros (Ē), em mg, de todos os modelos ajustados, nos	120

	municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável tanino	
TABELA 26	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc)	124
TABELA 27	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc)	125
TABELA 28	Equações selecionadas para cada município, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m ³), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc) e volume de fuste com (VFcc) sem casca (VFsc)	126
TABELA 29	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para a variável peso de matéria seca (PS)	128
TABELA 30	Equações selecionadas para as combinações, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem e erro padrão residual, em porcentagem e em m ³), para a variável peso de matéria seca (PS) do angico-vermelho	128
TABELA 31	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para o tanino	129
TABELA 32	Equação selecionada para a combinação 1 2 3, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m ³), para a variável tanino do angico-vermelho	129

TABELA 33	Valores médios de volume de fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca para o angico-vermelho, em metros cúbicos (m^3) e em porcentagem (%), para cada classe diamétrica (CLD)	131
TABELA 34	Valores médios de densidade básica do fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em g/cm^3 e de peso de matéria seca, em toneladas, para o angico-vermelho, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD)	133
TABELA 35	Informações médias por classe de diâmetro, do diâmetro, em centímetros, medido a 1,30m de altura (Dap), da altura total em metros (H) e do teor de tanino (Tan), em miligrama do angico-vermelho, para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba .	136
TABELA 36	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos 10 municípios estudados, para a variável volume total com casca	150
TABELA 37	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável volume total sem casca	155
TABELA 38	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável volume de fuste com casca	161
TABELA 39	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável volume de fuste sem casca	163
TABELA 40	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em toneladas, dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável peso de	170

	matéria seca	
TABELA 41	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (S_{yx}), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em mg, dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável teor de tanino...	175
TABELA 42	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc) e para as combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10)	179
TABELA 43	Valores de probabilidade de F, para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc), e para as combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10)	181
TABELA 44	Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m^3), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc), e volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc)	182
TABELA 45	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável peso de matéria seca (PS) e possíveis combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Ant. do Amparo (10)	183
TABELA 46	Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m^3), para a	184

	variável peso de matéria seca (PS)	
TABELA 47	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável tanino e algumas possíveis combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10)	185
TABELA 48	Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m ³), para a variável teor de tanino	186
TABELA 49	Valores médios de volume de fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca para o barbatimão, em metros cúbicos e em porcentagem, para cada classe diamétrica (CLD)	188
TABELA 50	Valores médios de densidade básica do fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em g/cm ³ , e de peso de matéria seca, em toneladas, para o barbatimão, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD).	194
TABELA 51	Informações médias por classe de diâmetro, do diâmetro em centímetros medido a 1,30m de altura (Dap), da altura total, em metros (H) e do teor de tanino (Tan), em miligramas, do barbatimão, para os dez municípios estudados	198
TABELA 52	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m ³ , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume total com casca do pau-santo	212
TABELA 53	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (\bar{E}), em m ³ , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume total sem casca do pau-santo	217
TABELA 54	Valores de coeficiente de determinação (R ²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos	222

	erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume de fuste com casca do pau-santo	
TABELA 55	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (S_{yx}), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume de fuste sem casca do pau-santo	224
TABELA 56	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (S_{yx}), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em toneladas, dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável peso de matéria seca do pau-santo	231
TABELA 57	Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (S_{yx}), em porcentagem, e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume de casca do pau-santo	236
TABELA 58	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc), e para algumas combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9)	241
TABELA 59	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc), e para algumas combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9)	242
TABELA 60	Equações de Schumacher e Hall logarítmica com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m^3), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc), e volume de fuste com (VFcc) sem casca (VFsc)	243

TABELA 61	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável peso de matéria seca (PS) e para as combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9)	245
TABELA 62	Equações de Schumacher e Hall logarítmica com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m ³), para a variável peso de matéria seca (PS)	245
TABELA 63	Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável volume de casca (VC) e para as combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9)	246
TABELA 64	Equações de Schumacher e Hall logarítmica com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m ³), para a variável volume de casca	247
TABELA 65	Valores médios de volume de fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca para o pau-santo, em metros cúbicos (m ³) e em porcentagem (%) por classe diamétrica (CLD)	249
TABELA 66	Valores médios de densidade básica do fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em g/cm ³ , e de peso de matéria seca, em toneladas, para o pau-santo, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD).	254
TABELA 67	Valores de volume de casca total, no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro e suas respectivas porcentagens, distribuídos nas diferentes classes diamétricas, para os nove municípios estudados	259

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Mapa do estado de Minas Gerais, destacando-se as três regiões de estudo presentes dentro da bacia do rio São Francisco	023
FIGURA 2	Mapa do estado de Minas Gerais, destacando os municípios onde foram realizadas as cubagens das árvores de angico-vermelho, barbatimão e pau-santo .	026
FIGURA 3	Medição de 1,30m de altura (a), do Cap (b) e da altura total com a árvore em pé (c)	032
FIGURA 4	Georreferenciamento a), corte da árvore (b) e medição da altura total com a árvore derrubada (c)	033
FIGURA 5	Mensuração do comprimento da seção (a) e da circunferência no meio da mesma (b)	033
FIGURA 6	Marcação do início e fim das seções compreendidas entre as alturas 0% e 25%, 25% e 50%, 50% e 75% e 75% e 100% da altura comercial	034
FIGURA 7	Retirada dos discos (a e b), e identificação dos mesmos conforme o local, a árvore e sua posição nesta (c e d)	035
FIGURA 8	Marcação das cunhas opostas e retirada da casca para a determinação da densidade	038
FIGURA 9	Corte e identificação das cunhas	038
FIGURA 10	Medição do volume por meio do princípio de Arquimedes	039
FIGURA 11	Determinação da massa seca	039
FIGURA 12	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total com casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f), modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente	065
FIGURA 13	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total sem casca, sendo (a), (c) e (e) modelo	066

	de Schumacher e Hall logaritmizado para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f), modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente	
FIGURA 14	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste com casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f) modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente	070
FIGURA 15	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste sem casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f) modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente	071
FIGURA 16	Gráficos de comportamento do volume do fuste e dos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c) e (e) representam o volume, em metros cúbicos, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f) representam o volume, em porcentagem para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente	079
FIGURA 17	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável peso de matéria seca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f), modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente	093
FIGURA 18	Densidade básica (Db), em g/cm ³ , para as alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial (até 3 cm de diâmetro com casca), em cada classe diamétrica, para as três regiões da bacia do rio São Francisco	098
FIGURA 19	Distribuição do peso de matéria seca (t), em relação às classes diamétricas (cm), para as regiões 1, 2 e 3 da bacia do rio São Francisco	099

FIGURA 20	Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume total com casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	110
FIGURA 21	Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume total sem casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	110
FIGURA 22	Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume de fuste com casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	114
FIGURA 23	Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume de fuste sem casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	115
FIGURA 24	Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado para a variável peso de matéria seca. nos municípios Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	119
FIGURA 25	Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado para a variável tanino, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	121
FIGURA 26	Tendência da estimativa do teor de tanino pela equação logarítmica de Schumacher e Hall, em relação ao Dap (diâmetro medido a 1,30m de altura), para os municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c)	123
FIGURA 27	Gráficos de comportamento do volume no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c) e (e) representam o volume, em metros cúbicos (m^3), para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, respectivamente, e (b), (d) e (f) representam o volume, em porcentagem (%), para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba respectivamente	131

FIGURA 28	Gráficos de comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (b) e (c) representam o comportamento da densidade básica g/cm^3 , para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, respectivamente	133
FIGURA 29	Distribuição do peso de matéria seca (t) do angico-vermelho em relação às classes diamétricas (cm), para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba	135
FIGURA 30	Gráficos de comportamento do teor de tanino (mg) em relação às diferentes classes diamétricas (cm), em que (a), (b) e (c) representam os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, respectivamente .	137
FIGURA 31	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total com casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j)	152
FIGURA 32	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total sem casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j)	157
FIGURA 33	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste com casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j)	165
FIGURA 34	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste sem casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j)	167

FIGURA 35	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável peso de matéria seca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j)	172
FIGURA 36	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável teor de tanino nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j)	177
FIGURA 37	Gráficos de comportamento do volume no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c), (e), (g), (i), (l), (n), (p), (r) e (t) representam o volume, em metros cúbicos, para os dez municípios, e (b), (d), (f), (h), (j), (m), (o), (q), (s) e (u) representam o volume em porcentagem para os mesmos dez municípios	189
FIGURA 38	Gráficos de comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD)	195
FIGURA 39	Distribuição do peso de matéria seca (t) do barbatimão em relação às classes diamétricas (CLD), para os dez municípios estudados	196
FIGURA 40	Gráfico de comportamento do teor de tanino (mg) em relação às diferentes classes diamétricas (CLD), para os dez municípios estudados	199
FIGURA 41	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total com casca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i)	214
FIGURA 42	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total sem casca nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d),	219

	Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i)	
FIGURA 43	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste com casca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i)	226
FIGURA 44	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste sem casca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i)	228
FIGURA 45	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável peso de matéria seca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i)	233
FIGURA 46	Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de casca nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i)	238
FIGURA 47	Gráficos de comportamento do volume no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c), (e), (g), (i), (l), (n), (p) e (r) representam o volume, em metros cúbicos (m^3), para os nove municípios, e (b), (d), (f), (h), (j), (m), (o), (q) e (s) representam a porcentagem do volume (%) para os mesmos nove municípios	250
FIGURA 48	Gráficos de comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca do pau-santo, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), para os nove municípios estudados	255
FIGURA 49	Distribuição do peso de matéria seca (t) do pau-santo em relação às classes diamétricas (CLD), para os nove municípios estudados	257

FIGURA 50	Comportamento da porcentagem de casca em relação às classes diamétricas (CLD), para o total, o fuste e os galhos até 3 cm de diâmetro, das árvores de pau-santo, nos nove municípios estudados	260
-----------	--	-----

RESUMO GERAL

RUFINI, Ana Luiza. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais.** 2008. 264p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Neste trabalho, a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, do estado de Minas Gerais, foi estudada com os seguintes objetivos: ajustar e selecionar equações para estimar o volume total e o volume de fuste, com e sem casca, o peso de matéria seca, o teor de tanino do angico-vermelho e do barbatimão e a cortiça do pau-santo, e testar a similaridade entre os modelos selecionados. Para isto, realizou-se a cubagem rigorosa por meio do método de Huber. Na bacia do rio São Francisco, foram cubadas 497 árvores de Cerrado *Sensu Stricto*, em 3 regiões e, nas bacias do rio Grande/Alto Paranaíba, foram cubadas 29 árvores de angico-vermelho, em 3 municípios; 142 árvores de barbatimão em 10 municípios e 88 árvores de pau-santo em 9 municípios. Foram coletados discos nas alturas correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial das árvores, a partir dos quais foi obtida a densidade básica e mensurada a espessura de casca. A acurácia dos modelos foi avaliada pelas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos. Para testar a identidade de modelo, utilizou-se o método desenvolvido por Graybill (1976) e, para realizar os ajustes e os testes de identidade, utilizou-se o software Sisflor. Na bacia do rio São Francisco, os modelos selecionados para todas as variáveis testadas foram os de Schumacher e Hall e de Spurr logaritmizados, e o teste de identidade entre modelos mostrou que existe similaridade, para todas as variáveis estudadas, entre as regiões 2 e 3. Nas bacias do rio Grande/Alto Paranaíba, para as três espécies estudadas, o modelo de Schumacher e Hall logarítmico foi selecionado para todas as variáveis analisadas e o teste de identidade indicou a possibilidade de formação de diversos grupos para cada uma das espécies, em cada variável analisada.

Palavras-chave: equações volumétricas, biomassa, teste de identidade

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador), José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

RUFINI, Ana Luiza **Volumetry, dry matter weight, tannin and cork content to the savannah (cerrado) in Minas Gerais.** 2008. 264p. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) - Federal University of Lavras, Lavras, MG. ¹

This study of the physiognomy of Savannah (cerrado) in Minas Gerais state had the following objectives: to adjust and to select equations to estimate the total volume and the shaft volume, with and without bark, the dry matter weight, the tannin content of the “angico-vermelho” and the “barbatimão” and the “pau-santo” cork, and to test the similarity among the selected models. For this, the rigorous scaling using the method of Huber was accomplished. A total of 497 trees of savannah (cerrado) were scaled in the San Francisco River Basin, in 3 areas, and 29 trees of “angico-vermelho” were scaled in 3 counties of the basins of the Grande/Alto Paranaíba River ; 142 “barbatimão” trees in 10 counties and 88 “pau-santo” trees in 9 counties. Disks were collected in the heights corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height of the trees, from which the basic density was obtained and the bark thickness was measured. The accuracy of the models was evaluated using the following statistics: determination coefficient, residual standard error and graphic analysis of the residues. To test the model identity, the used method was the one developed by Graybill (1976) and, to accomplish the fittings and the identity tests, the software Sisflor was used. In the San Francisco River Basin, the models selected for all the tested variables were the ones of Schumacher and Hall and of Spurr, transformed in logarithm, and the identity test among models showed that similarity exists, for all the studied variables, between the areas 2 and 3. In the basins of Grande/Alto Paranaíba River, for the three studied species, Schumacher's model and logarithmic Hall was selected for all the analyzed variables and the identity test indicated the possibility of formation of several groups for each species, in each analyzed variable.

Word-key: volumetric equations , biomass, identity test

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador), José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O estado de Minas Gerais tem localização estratégica, sendo considerado área de transição entre três dos mais importantes biomas brasileiros: a Floresta Atlântica, o Cerrado e a Caatinga. A maior parte do estado pertence ao bioma Cerrado, onde se incluem também as formações rupestres e de altitude. O Cerrado é seguido pela Floresta Atlântica que ocupa as porções sul, leste do estado e frações do Triângulo Mineiro. As áreas de caatinga ocorrem, principalmente, no norte do estado, região pertencente ao chamado “polígono da seca”, que apresenta severos problemas ambientais e sociais.

O bioma Cerrado apresenta elevada variedade de espécies florestais, sendo algumas consideradas de alto valor econômico, seja pela qualidade de madeira ou pelo valor dos produtos delas retirados, como a casca, que pode ser utilizada para a fabricação de cortiça e para a extração de tanino.

Entretanto, o estado sofreu e vem sofrendo pressão sobre as formações vegetais nativas, influenciadas pela expansão urbana e atividades agropecuárias, para a produção de matérias-primas e de insumos de origem vegetal, infraestrutura e produção mineral, levando à fragmentação florestal e colocando em risco a manutenção dos recursos florestais existentes. Apesar de todo o aparato do estado para fiscalizar e coibir o desmatamento, ainda assim, do ano de 2005 ao ano de 2007, aproximadamente 170 mil hectares de vegetação nativa foram desmatados.

É importante, portanto, conhecer o que resta da flora nativa, seja visando à sua preservação, seja para autorizar licenças ambientais em programas estratégicos, seja para viabilizar o uso desta flora de forma sustentável por meio de planos de manejo sustentável, com a finalidade de promover a conservação da flora.

Segundo a FAO (1973), o potencial produtivo das florestas é avaliado mediante um inventário florestal, e o emprego de equações volumétricas em inventários florestais, para a obtenção de estimativas detalhadas de volume da floresta, é vantajoso em virtude da utilização de um número reduzido de árvores-amostra para o ajuste dos modelos, uma vez que o abate e a medição de todas as árvores da floresta são medidas inviáveis.

Sendo assim, o volume e ou o peso seco total, comercial ou de partes da árvore são variáveis de grande interesse a serem estimadas em florestas sujeitas à prática de manejo florestal sustentável. Se elas forem estimadas com precisão, então, os planos de manejo florestal para a conservação da flora, os estudos do estoque volumétrico para se conhecer o que resta da flora nativa, as análises de investimento e as autorizações de licenças ambientais em programas estratégicos também podem ser realizados com precisão.

Então, para balizar análises de investimentos, avaliações, monitoramento e controle de plano de manejo para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* do estado de Minas Gerais, este estudo foi realizado com o objetivo geral de selecionar modelos para estimar o volume e o peso de matéria seca da fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco e de duas espécies produtoras de tanino e uma de cortiça na bacia do Rio Grande/Alto Paranaíba. Os objetivos específicos do trabalho foram:

- selecionar equações volumétricas e de peso de matéria seca para três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;
- testar a similaridade entre modelos (identidade, forma e nível), para as variáveis volume e peso de matéria seca, de três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;
- mostrar o comportamento do volume e do peso de matéria seca no fuste e na copa até galhos com 3 cm de diâmetro, para diversas

classes diamétricas, em três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* da bacia do rio São Francisco;

- selecionar equações de volume, peso de matéria seca e produção de tanino e ou de cortiça, para as espécies *Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan (angico vermelho), em três áreas da bacia do rio Grande/Alto Paranaíba, *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) em dez áreas e *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) em nove áreas;
- avaliar, para o angico, barbatimão e pau-santo, a similaridade nas áreas de estudo, para as variáveis volume, peso de matéria seca, tanino e ou cortiça;
- mostrar o comportamento do volume e do peso de matéria seca no fuste e copa até galhos com 3 cm de diâmetro de angico, barbatimão e pau-santo, para diversas classes diamétricas para
- avaliar a porcentagem de casca, por classe diamétrica, para três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco e para o pau-santo;
- mostrar o comportamento do teor de tanino contido em árvores de angico e barbatimão, para diversas classes diamétricas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Cerrado

O Cerrado é encontrado em locais de clima do tipo tropical chuvoso e regularmente sazonal, com a presença de invernos secos e verões chuvosos. De maneira geral, os solos deste tipo de vegetação caracterizam-se por apresentar elevada acidez, baixa fertilidade e boa drenagem (Eiten, 1994).

A vegetação do bioma Cerrado apresenta fitofisionomias que incluem formações florestais, savânicas e campestres. Nas formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), ocorre o predomínio de espécies arbóreas, formando um dossel que pode ser contínuo ou descontínuo. A formação savânica (Cerrado *Sensu Stricto*, Parque de Cerrado, Palmeiral e Veredas) refere-se a áreas com árvores e arbustos espalhados sobre um estrato gramíneo, sem a formação de um dossel contínuo. Já a formação campestre (Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo) é representada por áreas com predomínio de espécies herbáceas e algumas arbustivas (Ribeiro & Walter, 1998).

O tipo fitofisionômico predominante do bioma Cerrado é o Cerrado *Sensu Stricto*, que se caracteriza pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações retorcidas e, geralmente, com evidências de queimadas. Os troncos das plantas lenhosas possuem, em geral, cascas com cortiça grossa e as folhas são, geralmente, rígidas e coriáceas, o que confere aspectos de adaptação às condições de seca (xeromorfismo). O estrato arbóreo cobre de 5% a 70% da área, dependendo do subtipo do Cerrado *Sensu Stricto*, ou seja, denso, típico, ralo e rupestre (Ribeiro & Walter, 1998).

Segundo dados da Unesco (1998), o bioma Cerrado recobre cerca de 2.000.000 km², cerca de 23% de todo o território nacional. É considerado, portanto, o segundo maior bioma do país, superado apenas pela Floresta

Amazônica. Neste são encontrados 5% da biodiversidade mundial e um elevado número de endemismo de fauna e flora.

Apesar do seu tamanho e importância, o Cerrado é um dos ambientes mais ameaçados do mundo. No estado de Minas Gerais, o Cerrado, que recobria cerca de 384.366 km², tem sofrido forte redução, devido a severas intervenções antrópicas, relacionadas à expansão agropecuária, mineradoras e reflorestadoras, restando apenas pequenas manchas de vegetação, muitas vezes alteradas.

Essa situação fez com que este bioma passasse a ser considerado um “hotspot” mundial e com que especial atenção fosse despertada para a conservação dos seus recursos naturais (GT Cerrado, 2004).

2.2 Volume

2.2.1 Forma da árvore

Árvores com mesmo diâmetro e mesma altura podem apresentar volumes e sortimentos distintos se a forma dos fustes for diferente. Este fato tem conduzido diversos pesquisadores a estudarem a forma das árvores objetivando alcançar maior acurácia na estimativa de volumes totais e ou parciais dos fustes.

Segundo Prodan et al. (1997), todas as árvores têm uma forma de fuste típica, que varia em função da espécie, sítio, densidade de plantio, disponibilidade de água, dentre outros. No entanto, de maneira geral, o perfil dos fustes das árvores se assemelha a determinados sólidos geométricos de fórmulas conhecidas e podem ser representados pela sobreposição destes, iniciando por um cilindro ou neilóide na porção mais baixa, parabolóide na porção mediana e por um cone na ponta (Campos, 1988; Scolforo & Figueredo Filho, 1993; Prodan et al., 1997; Scolforo, 1997; Campos & Leite, 2002).

Dessa maneira, a simples soma dos volumes de cada seção permitiria contornar o problema da irregularidade da forma e gerar uma boa estimativa do volume total da árvore. Entretanto, esse processo é praticamente impossível,

pois há uma dificuldade em se identificar o início e o fim de cada figura geométrica ao longo do tronco e isso levou ao desenvolvimento de metodologias para fazer a cubagem rigorosa (Gomes, 1957).

2.2.2 Cubagem rigorosa

Segundo Gomes (1957), entende-se a cubagem rigorosa como sendo a medição de sucessivos diâmetros ao longo do tronco da árvore, em que o volume real da mesma é calculado somando-se os volumes das seções do tronco. Este mesmo autor comenta que as medições diamétricas devem ser feitas a 0,30m, 1,30m, 3,30m, 5,30m e assim sucessivamente de 2 em 2 metros, porém, as medições diamétricas podem ser alteradas em função da forma e da rigorosidade do processo de cubagem. Já Scolforo & Figueredo Filho (1993) recomendam, para *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., medições a 0,50m, 0,70m, 1,30m, 2,30m e, a partir de então, em seções que podem variar entre 1 e 2 metros, de maneira que se controle ao máximo o efeito da conicidade e que as seções sejam regulares.

Em árvores nativas, Scolforo et al. (1994) estabeleceram as seguintes distâncias de medições dos diâmetros: 0,30m, 0,70m, 1,30m, 2,00m e assim sucessivamente, de metro em metro até a altura desejada para a cubagem.

A frequência dos dados de cubagem está diretamente relacionada com a variação, em diâmetro e forma das árvores do povoamento. E, segundo Campos & Leite (2002), para melhor atender a essa variação, as árvores devem abranger todas as classes de diâmetro à altura do peito (DAP) a partir de um diâmetro mínimo especificado, considerando intervalos de classes diamétricas.

As árvores podem ser mensuradas por meio de dois métodos de cubagem rigorosa: absolutos e relativos (Scolforo, 1998; Cabacinha, 2003). Os métodos absolutos são aqueles em que o comprimento total da seção (tora) não têm vínculo com o comprimento total da árvore. Nos métodos relativos, as posições de mensuração são tomadas de maneira a representar um percentual do

comprimento total da árvore, permitindo a comparação dos volumes individuais de árvores de tamanho diferente, porém, com a mesma forma.

Fazem parte do método absoluto de cubagem rigorosa as fórmulas de Smalian, Huber, Newton e Hossfeld. A fórmula de Huber mede apenas um diâmetro no centro da tora, sendo exato quando a forma do tronco se aproxima de um cilindro. Contudo, se a forma do tronco for cônica ou tender a um neilóide, os erros no cálculo do volume podem ser consideráveis (Manassés & Peichl, 1986).

De acordo com Loetsch et al. (1973), o método mais acurado para obter o volume real é o xilômetro e, normalmente, este procedimento tem sido adotado como referencial para testar a acuracidade de outros métodos.

Martin (1984) comparou 19 fórmulas de obtenção de volume e destacou a fórmula de Huber como a mais exata ou prevalecendo entre as mais exatas, devido ao menor esforço na sua aplicação.

Machado & Nadolny (1991) compararam as fórmulas de Huber, Smalian e Newton para *Pinus elliottii*, tendo como comparador os volumes obtidos pelo xilômetro e constataram tendência de todas as fórmulas de cubagem de superestimar os volumes da base e subestimar os volumes da parte superior do fuste das árvores. Os autores concluíram que as fórmulas de Huber e Newton foram as de melhor desempenho ao avaliar o volume total. Machado et al. (2006) e seus colaboradores compararam os mesmos métodos para bracinga e também concluíram que o método de Huber foi o que apresentou o melhor desempenho.

Figueiredo Filho et al. (2000) também utilizaram o xilômetro para testar a exatidão de três fórmulas tradicionais de cubagem (Smalian, Huber e Newton) e de três métodos recentes (spline cúbica, centróide e sobreposição de seções de Bailey) e concluíram que a fórmula de Huber é a mais exata dos seis procedimentos estudados e deve ser usada em todas as circunstâncias.

2.2.3 Estimativas de volume

Segundo Jorge (1982), a variável volume constitui uma das informações mais importantes para o conhecimento do potencial florestal disponível numa região, sendo as equações de volume instrumentos fundamentais na avaliação do conteúdo lenhoso da floresta.

As estimativas de volume podem ser realizadas por meio de funções de volume de árvores, com modelos de simples, dupla e tripla entrada, e o procedimento pode seguir várias metodologias. A equação de volume para árvores individuais é a mais utilizada (Scolforo, 1998). Estas equações servem para estimar o volume ou peso individual da árvore, e com base em algum método de amostragem, pode-se estimar o volume ou peso de um povoamento florestal (Veiga, 1981; Husch et al., 1972; Clutter et al., 1992).

Os volumes dos fustes podem ser obtidos por meio dos fatores de forma, método dos dois diâmetros e de uma relação hipsométrica associada a uma equação de volume. Para volume por unidade de área a equação de povoamento é uma boa opção e, para estimar os múltiplos produtos de madeira, devem-se utilizar as funções de afilamento (Franco, 1996; Prodan et al., 1997; Scolforo, 1998; Campos & Leite, 2002).

As equações de simples entrada, em que o volume é função somente do diâmetro das árvores, são normalmente aplicadas quando a correlação entre o diâmetro e a altura é muito forte, ou seja, quando há bastante homogeneidade no desenvolvimento, em altura, das árvores de mesmo diâmetro. Por sua vez, as equações de dupla entrada, em que o volume é em função do diâmetro e da altura, são aplicadas para povoamentos em que há maior heterogeneidade no desenvolvimento da altura das árvores com mesmo diâmetro (Scolforo, 1997).

O sucesso dos procedimentos depende de uma amostragem representativa do maciço florestal, em que as árvores selecionadas para fins de

ajustes de modelos representem a variabilidade da amplitude em diâmetro e altura do povoamento (Franco et al., 1997).

Scolforo & Silveira (1996), testando modelos volumétricos de simples e dupla entrada para barbatimão, apontaram que as equações baseadas em dupla entrada são superiores às de simples entrada, demonstrando que a heterogeneidade na relação altura/diâmetro praticamente descarta o emprego dos modelos de simples entrada. Couto & Vettorazzo (1999), estudando modelos volumétricos para *Pinus taeda*, também chegaram às mesmas conclusões que Scolforo & Silveira (1996).

Franco (1996), estudando métodos estimativos de volume para *Eucalyptus camaldulensis*, concluiu que os modelos volumétricos baseados nas variáveis diâmetro e altura são superiores àqueles que se baseiam somente na variável diâmetro, pois estes levaram a uma subestimativa da variável volume.

Já nos modelos de tripla entrada, o volume é estimado em função do diâmetro, da altura e de uma medida que expressa a forma da árvore (f) (Scolforo, 1997). Este tipo de modelo não é recomendável, já que a forma da árvore é uma variável difícil de ser quantificada e, quando se faz cubagem rigorosa, esta já é controlada. Por este motivo, a variável forma, usualmente, não é significativa nos modelos.

O mérito de uma equação volumétrica aumenta consideravelmente se ela possuir variáveis que sejam fáceis de mensurar com exatidão, que sejam altamente correlacionadas com o volume, que tenham baixa correlação entre si e o volume estimado por árvore individual se aproxime do volume calculado pela técnica padrão de cubagem rigorosa da árvore abatida.

Paula Neto (1977), trabalhando com *Eucalyptus saligna* no estado de Minas Gerais, para selecionar a melhor equação, estabeleceu cinco critérios que são descritos a seguir:

- a equação deve ser representativa para os dados dos quais ela foi obtida. Esta representação é determinada pelo coeficiente de determinação R^2 , estimativa do erro padrão ou índice de Furnival quando a variável dependente (volume) é transformada;
- o valor do resíduo (diferença entre volume observado e volume estimado pela equação) deve ser razoavelmente uniforme sobre a faixa dos dados, quando representada contra os volumes observados ou contra os volumes estimados. A análise gráfica dos resíduos tem por objetivo verificar a existência ou não de tendenciosidade nas estimativas fornecidas pelo modelo;
- a equação deve ser correta e consistente na sua aplicação. Isto quer dizer que o melhor teste de aplicabilidade da equação é testá-la na população na qual ela será aplicada. Para isso, a amostra de dados deve ser representativa da população;
- a equação deve ser sensível ao estimar o volume numa faixa de dados fora do intervalo no qual ela foi gerada;
- o trabalho requerido na solução dos mínimos quadrados deve ser mínimo.

Segundo Paula Neto (1977) e Campos et al. (1985), o modelo de Schumacher e Hall tem apresentado estimativas mais precisas dos volumes, quando comparados com outros modelos volumétricos.

Em 1983, Paula Neto e colaboradores, analisaram sete modelos volumétricos, considerando as variações de método de regeneração e idade de plantio e selecionaram o modelo de Schumacher e Hall como o mais preciso e apropriado.

Rocha (1992), selecionando modelos volumétricos para *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora*, também concluiu que o modelo de Schumacher e Hall na forma logarítmica é o mais apropriado.

Pinheiro & Veiga (1984) compararam modelos de equações de volume para espécies do gênero *Pinus* e concluíram que os modelos de Naslund e Schumacher e Hall logarítmico foram os que propiciaram as melhores estatísticas.

Segundo Belchior (1996), equações referentes aos modelos de Spurr e Schumacher e Hall, nas suas formas lineares e não lineares, são as mais precisas para estimar volume de fuste com e sem casca para uma mata secundária em Minas Gerais. Para estimar volume total, as equações mais precisas são aquelas referentes aos modelos lineares de Brenac e de Spurr e aos modelos de Schumacher e Hall, linear e não linear.

Camolesi (2007) comparou e selecionou modelos de equações de volume para a espécie *Eremanthus erythropappus* (Candeia), em três municípios do estado de Minas Gerais e concluiu que o modelo de Spurr logaritimizado foi o que proporcionou melhores estimativas.

Em 1995, o CETEC, determinando equações volumétricas para florestas nativas do estado de Minas Gerais, também selecionou o modelo não linear de Schumacher e Hall como o mais preciso, em todos os casos de volume e tipologia estudados.

2.3 Densidade básica

Uma forte tendência em biometria e inventário florestal é fornecer, além das tradicionais estimativas de parâmetros, como o volume, também estimativas dos produtos que se espera produzir a partir da madeira ou, ainda, de variáveis que tenham relação direta com estes, como a densidade básica.

Foelkel et al. (1990) caracterizaram a densidade básica da madeira como um dos principais índices para avaliar a qualidade da madeira para diversos fins. Trugilho et al. (1991) fizeram a mesma consideração sobre a importância da densidade básica quando a madeira é utilizada para fins energéticos.

Em tecnologia da madeira esta variável está associada às características do produto final, como rendimento em celulose, resistências físico-mecânicas do papel, produção e qualidade do carvão, etc. No melhoramento florestal, ela evidencia o potencial de seleção das espécies; já no manejo florestal, determina as práticas a serem aplicadas no povoamento em função do produto final e, no inventário florestal, está ligada à produtividade da floresta, em termos de quantidade de madeira seca/ha.

A densidade básica varia entre gêneros, espécies dentro do mesmo gênero e entre árvores de uma mesma espécie, pois é influenciada por fatores como os componentes anatômicos e químicos da madeira, idade, condições edafoclimáticas, além de variar também ao longo do fuste e no sentido radial de uma mesma árvore (Panshi & Zeeuw, 1970; Shimoyama, 1990 e Silva, 1991). Sua determinação pode ser feita por meio de várias metodologias, como o método de imersão, o método de saturação, o método da balança e outros (Vital, 1984).

Burguer & Richter (1991) afirmam que a variação da densidade básica da madeira é de 0,13 a 1,4 g/cm³. Segundo Vale et al. (2002), a densidade básica da madeira de espécies do cerrado varia de 0,20 g/cm³ a 0,78 g/cm³, enquanto, para casca, pode variar de 0,17 g/cm³ a 0,67 g/cm³.

A partir do produto da densidade básica da árvore cubada rigorosamente com o volume real, obtém-se a estimativa do peso seco, que é considerado uma unidade de medida da produção e produtividade florestal (Finke Herrera, 1989). O peso de matéria seca existente num dado momento da vida do povoamento corresponde ao estoque de biomassa de uma floresta e a estimativa da biomassa pode ser feita pelos mesmos métodos utilizados para estimar volume.

Franco (1996) relatou que a biomassa total e comercial, com e sem casca, para *Eucalyptus camaldulensis*, pode ser estimada com eficiência por uma

equação de dupla entrada e que há uma tendência de aumento da densidade no sentido base-topo e também com o aumento da idade para esta espécie.

Camolesi (2007) ajustou diversos modelos para estimar a variável peso seco da espécie *Eremanthus erythropappus* (Candeia) e observou que o modelo de Spurr na sua forma logarítmica é o mais preciso.

2.4 Identidade entre modelos

Segundo Scolforo (2005), ao realizar amostragem em uma área com florestas, é comum que os valores de diâmetro, altura, volume ou peso sejam agrupados em um ou mais grupos de acordo com a espécie, sítio, idade ou outra fonte de variação qualquer. As dúvidas ou as perguntas que se fazem constantemente são: quando é que se podem usar equações para fazer estimativas separadas por grupo e quando é que uma única regressão pode ser usada para efetuar estimativas para todos os grupos?

Dentre os testes conhecidos para avaliar a identidade na variável de interesse, pode-se destacar o descrito por Graybill (1976), a partir da redução da soma de quadrados e também da redução da soma de quadrados associados às variáveis dummy, conforme encontrado por Scolforo & Figueiredo Filho (1993). Este método consiste na montagem do quadro de análise de variância e na aplicação do teste de “F”, em que o teste estatístico é baseado na diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada grupo isoladamente (modelo completo) e a soma dos quadrados da regressão ajustada para todos os dados (modelo reduzido). A partir daí, testa-se a hipótese de nulidade em que os parâmetros são considerados iguais, ou seja, que o vetor dos parâmetros de um modelo seja igual ao outro comparado e a rejeição dessa hipótese implica na impossibilidade do uso de um modelo único com os parâmetros comuns. O teste pode ser aplicado para verificar se ocorre igualdade dos coeficientes de regressão.

Regazzi (1992) realizou o ajuste de quatro equações de regressão polinomial de grau K por meio da técnica de polinômios ortogonais, utilizando o método dos quadrados mínimos, a fim de testar três hipóteses: a) as H equações são idênticas; b) as H equações têm constante de regressão comum e c) as H equações têm algum coeficiente de regressão igual, tendo, para a verificação das hipóteses, sido utilizado o teste de F. Os resultados obtidos indicaram que a identidade de modelo de regressão e igualdade de qualquer subconjunto de parâmetros pode ser verificada por meio do teste de F e que a metodologia apresentada é geral e pode ser usada em modelos polinomiais de qualquer grau, ortogonal ou não, e também para modelos de regressão múltipla.

Battisti (2001), utilizando da análise de variância, comparação múltipla, identidade de modelo, variáveis binárias e análise de agrupamento, verificou a possibilidade de agrupamento de equações volumétricas para nove diferentes estratos, distribuídos em quatro grupos. Estes foram definidos em função das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, com espaçamento de 3,0x1,8m e 3,0x2,5m, nas idade de 4 a 7 anos e tipo de solo AQ1, AQ2, Lem1, Lem2, LR e Lea. Os resultados obtidos pela autora indicaram que o teste de identidade de modelos e a técnica de variáveis binárias foram equivalentes, apresentando resultados mais objetivos que os demais métodos.

Em um estudo realizado por Batista & Couto (1986), que teve por objetivo testar 8 modelos de regressão para a construção de curvas de índice de sítio e testar a igualdade entre os modelos na construção de curvas de sítio para florestas homogêneas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, concluiu-se que a construção de um único conjunto de curvas para representar ambas as espécies não foi apropriada neste caso.

Em 2004, Ferreira estudou funções de afilamento para representar o perfil e o volume do fuste de *Pinus taeda* L. e testou a identidade de modelos não lineares e lineares para todas as combinações possíveis entre os ambientes

de produção desta espécie. Este autor concluiu que, para os modelos de Ormerod, Demaerschalk e Kozak, há a possibilidade de formação de dois grupos, um envolvendo os ambientes 1, 3 e 5 e outro com os ambientes 1 e 4. Já para o modelo de Ormerod modificado, a única combinação possível foi entre os ambientes 2 e 3. Para os modelos lineares, como o polinômio do quinto grau e o modelo de Goulding & Murray foi possível agrupar os ambientes de produção 1, 2, 3 e 4 e, para o polinômio de potências fracionárias e inteiras, o agrupamento possível foi entre os ambientes 2 e 3.

Leite & Regazzi (1992) avaliaram a igualdade entre equações volumétricas para *Eucalyptus saligna*, sujeito ao regime de manejo de alto fuste e primeira talhadia. Aplicaram, para tal, os métodos estatísticos de análise de variância, seguida de procedimentos para comparações múltiplas, por meio do teste de identidade de modelo e de análise de regressão. Os resultados obtidos indicaram a necessidade de se usar uma equação independente para cada regime de manejo.

Silva et al. (1997) desenvolveram pesquisas com o objetivo de avaliar três alternativas de estimação do volume comercial para a espécie *Eucalyptus grandis* e utilizando os métodos da razão volumétrica, funções de afilamento, bem como o emprego de um modelo único de estimação de múltiplos volumes. Estes autores concluíram que os modelos testados apresentaram precisão na estimação dos volumes total e comercial, e, no emprego de análise de variância, houve a formação de um único grupamento envolvendo os três métodos de estimação.

Trabalhando com o teste de identidade de modelo pelo método da diferença algébrica, Camolesi (2001) buscou identificar a identidade de modelos de regressão para diferentes clones de híbridos de *Eucalyptus urophilla* e *Eucalyptus grandis*. Foram avaliados cinco clones e foi testada a identidade entre os clones na variável Hd/DAP, em função da idade. Considerou-se cada

clone, em cada regime, como um material diferente. A identidade de modelos mostrou que eles são sensíveis para detectar similaridades e diferenças entre clones em diferentes regimes de manejo e entre clones num mesmo regime de manejo. Este mesmo autor, em 2007, testou a identidade entre modelos volumétricos e entre modelos que representem o peso de matéria seca para a espécie *Eremanthus erythropappus* (candeia), em três municípios do estado de Minas Gerais. Concluiu, para a variável volume total, que existe identidade entre modelos para os municípios de Airuoca e Ouro Preto. E, para a variável peso de matéria seca, existe identidade entre os municípios de Delfim Moreira e Airuoca.

Thiersch et al. (2006) relataram que não existe identidade entre equações que estimam a densidade básica média de clones de *Eucalyptus* sp. e que, portanto, deve-se utilizar, para esta estimativa, uma equação para cada clone.

2.5 Taninos vegetais

Segundo Herget (1962), taninos são produtos naturais, de composição polifenólica de peso molecular elevado e que possuem a propriedade de complexar fortemente com carboidratos e proteínas. São utilizados no processo de curtimento de couro; na indústria do petróleo; como agente dispersante para controlar a viscosidade de argilas na perfuração de poços; no tratamento de água de abastecimento e residuárias; na fabricação de tintas e de adesivos e, em virtude de suas propriedades antisépticas, vêm sendo testados contra organismos xilófagos (Panshin et al., 1962; Silva, 1999; Trugilho et al., 1997; González Loredó, 1996; Shimada, 1998).

Os taninos pertencem a um grupo de compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundário das plantas e estão associados com o mecanismo de defesa das mesmas. Em espécies florestais, os taninos ocorrem,

predominantemente, na casca e cerne de suas madeiras, e as suas propriedades variam entre e dentro das espécies, dependendo do tecido vegetal do qual são extraídos. São encontrados, principalmente, nos vacúolos das plantas e, nestes locais, não interferem no metabolismo delas (Prance & Prance, 1993).

Alguns tipos de taninos podem ser extraídos a partir de processos industriais simples, devido à solubilidade destes compostos em água. A qualidade dos taninos varia com o tipo de extração empregada. Assim, as condições de extração devem ser uniformizadas e otimizadas, objetivando a produção de extratos com propriedades ajustadas à síntese de adesivos para madeira (Pizzi, 1983).

Eles são amplamente distribuídos no reino vegetal, sendo comuns tanto em espécies gimnospermas como angiospermas, entretanto, são mais comuns nas dicotiledôneas. Ocorrem em, aproximadamente, 30% das famílias (Zucker, 1983) e algumas destas são ricas em taninos, como leguminosas, anacardiáceas, combretáceas, rhizoporaceas e mirtáceas, entre outras (Prance & Prance, 1993), podendo alcançar concentração acima de 40% nas cascas de algumas espécies florestais (Mori, 2000).

No Brasil, há várias espécies produtoras de taninos, porém, os cortumes tradicionais da região Nordeste que utilizam os taninos vegetais, apesar da diversidade de espécies arbóreas e arbustivas de ocorrência na região, têm no angico-vermelho sua única fonte de taninos (Diniz et al., 2003). Siqueira (2005) relata que o rendimento, em taninos, das cascas da espécie *Stryphnodendron adstringens* (Barbatimão) também é bastante satisfatório, podendo a casca desta espécie ser utilizada para a extração de taninos visando à produção de adesivos termofixos.

2.6 Cortiça

Cortiça é a casca externa das árvores, composta de células mortas e vazias, isto é, cheias de ar. O tecido que compõe a cortiça é chamado botanicamente de súber ou felema e distingue-se por sua leveza, flutuabilidade, impermeabilidade e elasticidade (Rizzini & Mors, 1995). É considerada um produto florestal não madeireiro, muito utilizada no processamento industrial, tanto na sua forma original como reduzida a pó e agregada a novas substâncias. Pode ser empregada como isolante térmico (refrigeradores, aquecedores, estufas, etc.), rolhas, sapatos, salva-vidas, tapetes, palmilhas, etc. Os desperdícios são aproveitados na indústria do linóleo, na serragem da cortiça e na fabricação de aglomerados. A fabricação de painéis aglomerados tem como principais aplicações os revestimentos de assoalhos, de paredes e painéis de afixação (Fortes, 1989).

De acordo com Fortes et al. (2004), a produção mundial de cortiça é de, aproximadamente, 374 mil t/ano. Esta produção é restrita a poucos países europeus, como Portugal e Espanha, que detêm 51% e 23%, respectivamente, do total produzido. A espécie mais utilizada é a *Quercus suber* (sobreiro).

No entanto, o Brasil possui mais de 20 espécies típicas e adaptadas às condições ecológicas do Cerrado que poderiam ser promissoras na produção de cortiça. Dentre elas, destaca-se o pau-santo (*Kielmeyera coriacea*) (Abramovay, 1999), espécie que poderia ser utilizada como fonte de cortiça e que apresenta importantes características, como o alto aproveitamento do material corticoso. Destaca-se também pela abundância e pela acessibilidade, sendo o material corticoso leve e facilmente desprendido do tronco das árvores.

2.7 Caracterização de espécies de valor econômico

2.7.1 *Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan

Conhecida popularmente por angico-vermelho, *Anadenanthera colubrina* é uma árvore de grande porte, atingindo de 13 a 20m de altura e de 40 a 60cm de diâmetro, pertencente à família Leguminosae – Mimosoideae. É amplamente distribuída no país, sendo encontrada do Maranhão e do Nordeste até São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, principalmente em florestas semidecíduas (Lorenzi, 1992). Indiferente à sombra, desenvolve-se tanto em solos secos como em solos úmidos. Propaga-se por sementes, com rebrota vigorosa de tocos. É uma árvore de caule tortuoso, com casca vermelha, grossa, muito rugosa e fendida (Rizzini, 1971). Apresenta rápido crescimento, podendo ser aproveitada com sucesso para reflorestamentos de áreas. É planta característica das capoeiras e florestas secundárias situadas em terrenos arenosos e cascalhentos, mas pode ser encontrada também no interior de mata primária densa, em solos argilosos e férteis, além de ser bastante freqüente nos cerradões e nas matas de galerias (Lorenzi, 1992).

Sua casca é rica em tanino, apresentando de 15%-20% deste composto. Este aspecto a destaca entre os vegetais tanantes ou taníferos, fazendo com que seja largamente utilizada nas indústrias de cortume (Rizzini, 1971; Salomão & Silva, 1980, Lorenzi, 1992).

2.7.2 *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville

O barbatimão, como é conhecido popularmente, pertence à família Leguminosae – Mimosoideae e é uma árvore pequena, de forma tortuosa, que aparece com maior freqüência nas regiões de cerrado. Sua dispersão geográfica é ampla, indo desde a Bahia até o estado do Paraná, abrangendo os estados centrais de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e, ainda, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. É encontrado com maior freqüência no estado de Minas Gerais (Resende, 1972; Lorenzi, 1992).

Esta espécie se desenvolve lentamente em campos abertos, sendo suas vagens utilizadas como alimento pelo gado, o que contribui para uma melhor dispersão de suas sementes, que germinam no esterco. A espécie exibe propriedades relacionadas à intoxicação, tanto das folhas como nas favas, causando aborto e intoxicação em bovinos (Lorenzi, 1992).

O tronco da árvore de barbatimão possui casca grossa com fendas no fuste e, nos galhos mais novos, a casca torna-se menos rústica, sendo o diâmetro do tronco variável entre 15-30 cm. Sua casca é amplamente utilizada na fabricação de tinta de escrever e também para a extração de tanino, o qual possui propriedades farmacológicas, principalmente relacionadas à cicatrização superficial de ferimentos.

Segundo Resende (1972), o barbatimão é, de todos os vegetais conhecidos, um dos mais ricos em substâncias tanantes (cerca de 35% a 40%). Sendo assim, poderá se converter em uma grande fonte de divisas para o Brasil.

2.7.3 *Kielmeyera coriacea*

Conhecida popularmente como pau-santo, da família Guttiferae, é frequentemente mencionada na literatura como a principal espécie arbórea produtora de cortiça (Dionello & Basta, 1980). O gênero *Kielmeyera* é encontrado nas cinco regiões naturais do Brasil, todavia, as regiões Norte e Sul apresentam pouquíssimas espécies, pois, a maioria das espécies deste gênero apresenta elevado grau de endemismo e é encontrada somente no Brasil Central (Gramacho, 1997).

O gênero *Kielmeyera* ocorre nos cerrados, sendo facilmente encontrado em Minas Gerais. Contudo, em determinadas áreas, quase foram extintas, devido à exploração não sustentada, com muitas culturas agrícolas nas áreas ocupadas com a espécie, sem que houvesse cultivo ou estudos sobre sua biologia (Arellano, 1991).

A espécie *Kielmeyera coriacea* apresenta altura de 1 a 4m, com folhas obovais, coriáceas e espatulares. Suas flores são carnosas, possuem de 6 a 8cm de diâmetro e passam do branco ao rosa à medida que senescem. Os frutos também são carnosos alongados e ásperos, mas, à medida que amadurecem, tornam-se lenhosos (Almeida, 1946). A casca externa é fortemente suberificada, da qual se extrai a cortiça (Souza, 1974).

Segundo Ferreira (1974), a quantificação de casca gerada pela espécie pode atingir valores médios de 45% a 55%. O material corticoso apresenta alto percentual, dependente da localização geográfica e da classe diamétrica da árvore, podendo representar até 75% do volume das plantas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS GERAL

3.1 Caracterização da área estudada

3.1.1 Bacia do rio São Francisco

A bacia do rio São Francisco possui área de 631.133 km², o que corresponde a 7,4% do território brasileiro e se situa nos estados de Minas Gerais, Goiás, Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco, além do Distrito Federal. A nascente deste rio localiza-se na serra da Canastra, no sul de Minas Gerais e deságua no oceano Atlântico, entre os estados de Sergipe e Alagoas, depois de percorrer, aproximadamente, 2.700 km na direção norte, sendo um rio exclusivo do território brasileiro. No estado de Minas Gerais, a bacia apresenta características climáticas e geográficas bastante variáveis. A precipitação média anual varia de 800 a 1.500mm, com chuvas predominantes nos meses de novembro a abril, e temperatura média anual entre 18 a 27°C. Da cabeceira do rio até o município de Pirapora, o clima predominante é o tropical úmido; depois de Pirapora, prevalece o clima tropical semi-árido (sfrancisco, 2008).

Para a realização deste estudo, a bacia do rio São Francisco, no estado de Minas Gerais, foi dividida em 3 regiões, conforme se pode observar na Figura 1, ou seja:

- região 1: compreende as sub-bacias 1, 2, 3 e 4 do rio São Francisco;
- região 2: compreende as sub-bacias 5, 6 e 10 do rio São Francisco, e
- região 3: compreende as sub-bacias 7, 8 e 9 do rio São Francisco.

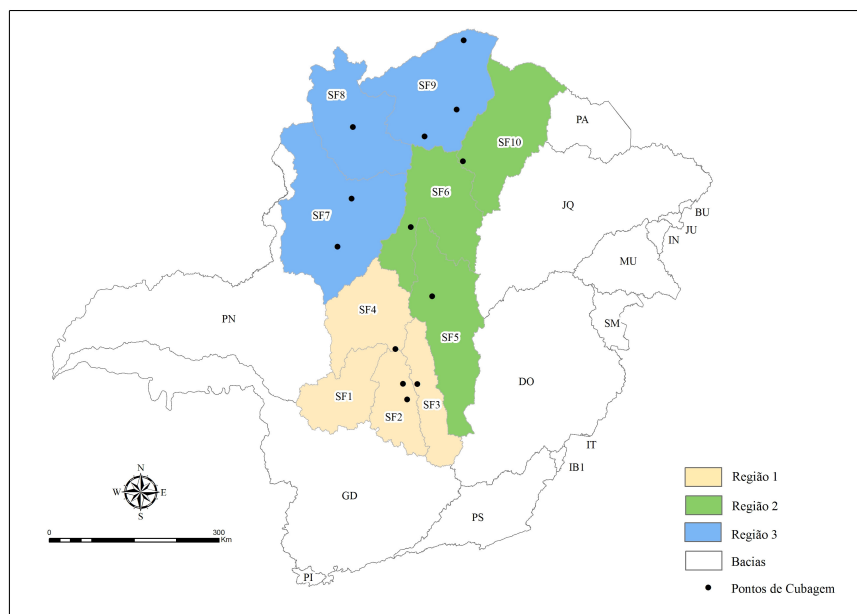


FIGURA 1 Mapa do estado de Minas Gerais, destacando-se as três regiões de estudo presentes dentro da bacia do rio São Francisco.

Em cada região descrita anteriormente, foram cubadas 497 árvores encontradas na fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, conforme Tabela 1. Para as regiões 1, 2 e 3, foram cubadas 157 árvores, em quatro fragmentos; 113 árvores, em três fragmentos e 227 árvores, em seis fragmentos, respectivamente. As cubagens foram realizadas em áreas com processo de desmate já autorizados pelo Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais (IEF) (desmatamentos para fins agropecuários e ou planos de manejo sustentado).

TABELA 1 Freqüência de árvores cubadas, por classe diamétrica, em centímetros (CLD) e classe de altura, em metros (CLH), para cada região de estudo.

Região	CLD	CLH								Total
		2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	>16	
1	5-10	3	12	10	6	3	1	-	-	35
	10-15	-	6	8	10	5	6	-	-	35
	15-20	-	2	5	11	7	5	5	1	36
	20-25	-	-	2	5	2	5	3	-	17
	25-30	-	-	-	3	3	-	5	2	13
	30-35	-	-	-	3	2	1	1	4	11
	35-40	-	-	-	-	3	2	-	2	7
	>40	-	-	-	-	-	1	1	1	3
	Total	3	20	25	38	25	21	15	10	157
2	5-10	5	14	8	-	-	-	-	-	27
	10-15	-	5	13	-	1	-	-	-	19
	15-20	-	3	6	6	4	-	-	1	20
	20-25	-	-	4	3	5	-	1	-	13
	25-30	-	-	4	1	1	4	-	-	10
	30-35	-	-	-	1	5	1	3	1	11
	35-40	-	-	-	2	1	1	2	1	7
	>40	-	-	-	-	2	1	1	2	6
	Total	5	22	35	13	19	7	7	5	113
3	5-10	9	30	10	2	1	-	-	-	52
	10-15	-	19	15	4	-	-	-	-	38
	15-20	-	3	13	14	4	-	-	-	34
	20-25	-	2	11	15	5	2	-	-	35
	25-30	-	-	-	9	9	3	2	-	23
	30-35	-	-	1	5	6	2	3	1	18
	35-40	-	-	-	-	5	7	2	-	14
	>40	-	-	-	-	2	5	3	3	13
	Total	9	54	50	49	32	19	10	4	227
Total Geral		17	96	110	100	76	47	32	19	497

3.1.2 Bacias do rio Grande/Alto Paranaíba

O rio Paranaíba nasce na serra da Mata da Corda, no município de Rio Paranaíba, a uma altitude de 1.100 m. A partir daí, em seu percurso de 1.120 km, muda várias vezes de orientação, até tomar o rumo sudoeste e marcar a fronteira

entre os estados de Minas, de Goiás e de Mato Grosso do Sul. A bacia do Alto Rio Paranaíba drena uma área de 2.700 km² do estado de Minas Gerais, caracterizando-se, principalmente, pelo clima tropical de altitude, com temperaturas médias entre 15°C e 22°C e precipitação anual média entre 1.300 mm a 1.600 mm (Silva, 2007).

O Rio Grande nasce na vertente mineira da Serra da Mantiqueira, no município de Bocaina de Minas e se junta ao rio Paranaíba, na divisa tríplice entre Goiás, Minas Gerais e São Paulo, para formar o rio Paraná (Pierangeli, 2003). A bacia do rio Grande abrange 87 mil km² dentro de Minas Gerais e possui clima variando de superúmido, com temperaturas médias anuais inferiores a 14°C e precipitações médias acumuladas superiores a 1.750 mm, a úmido, com precipitação média de 1.500 mm e temperatura média anual entre 18° e 23°C (Scolforo & Carvalho, 2006).

Para a realização deste estudo, foram cubadas, nestas bacias, no Estado de Minas Gerais, árvores de *Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan (angico-vermelho), *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) e *Kielmeyera coriacea* (pau-santo) (Figura 2).

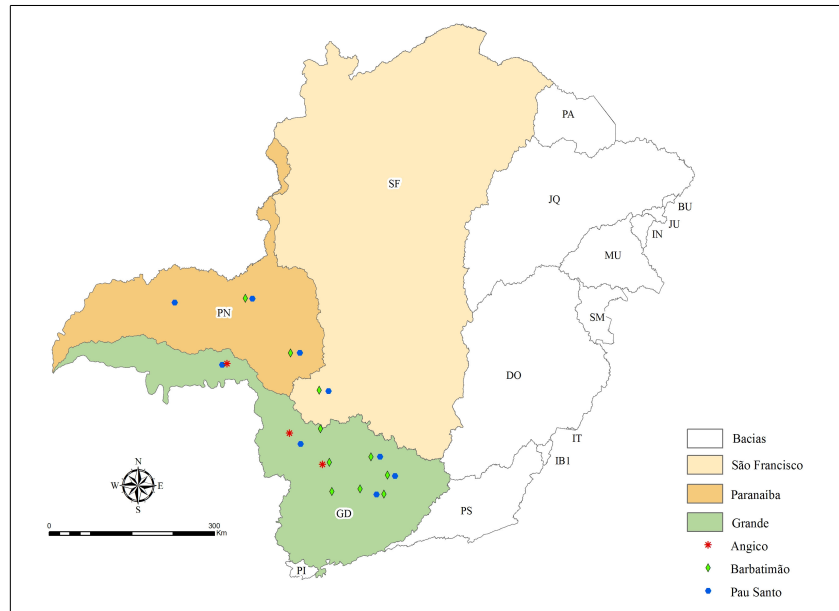


FIGURA 2 Mapa do estado de Minas Gerais, destacando os municípios onde foram realizadas as cubagens das árvores de angico-vermelho, barbatimão e pau-santo.

Para o angico-vermelho, foram cubadas 29 árvores, distribuídas em três municípios, sendo: Campo do Meio, 10 árvores; Passos, 12 árvores e Uberaba, 7 árvores, as quais possuíam altura maior que 10 m e diâmetro variando entre 10 e 40 cm (Tabela 2).

Para o barbatimão, 142 árvores, com altura menor que 10m e diâmetro variando entre 5 e 25 cm, foram cubadas em dez municípios, sendo estes: Bambuí (16 árvores), Capitólio (15 árvores), Carmo da Cachoeira (16 árvores), Campo do Meio (15 árvores), Ibiá (16 árvores), Luminárias (15 árvores), Monte Carmelo (10 árvores), Nazareno (16 árvores), Paraguaçu (11 árvores) e Santo Antônio do Amparo (12 árvores) (Tabela 3).

TABELA 2 Freqüência de árvores cubadas de Angico vermelho em cada município, de acordo com sua classe diamétrica em centímetros (CLD) e sua classe de altura em metros (CLH).

		CLH				
Município	CLD	10-12	12-14	14-16	>16	Total
Campo do Meio	20-25	-	1	1	-	2
	25-30	-	-	-	1	1
	30-35	1	-	1	2	4
	35-40	-	-	-	-	-
	>40	-	-	-	3	3
	Total		1	1	2	6
Passos	10-15	-	-	2	-	2
	15-20	-	-	2	-	2
	20-25	-	-	1	2	3
	25-30	-	-	-	1	1
	30-35	-	-	-	4	4
	Total		-	-	5	7
Uberaba	10-15	3	-	-	-	3
	20-25	1	1	-	1	3
	25-30	-	1	-	-	1
	Total	4	2	-	1	7
Total Geral		5	3	7	14	29

TABELA 3 Freqüência de árvores cubadas de barbatimão em cada município, de acordo com sua classe diamétrica, em centímetros (CLD) e sua classe de altura, em metros (CLH).

		CLH				
Município	CLD	2-4	4-6	6-8	8-10	Total
Bambui	5-10	1	3	-	-	4
	10-15	-	4	-	-	4
	15-20	-	-	4	-	4
	20-25	-	-	3	1	4
	Total	1	7	7	1	16
Capitólio	5-10	2	2	-	-	-
	10-15	-	4	-	-	4
	15-20	-	2	2	-	4
	20-25	-	1	2	-	3
	Total	2	9	4	-	15

...continua...

TABELA 3, Cont.

Carmo da Cachoeira	5-10	2	2	-	-	4
	10-15	-	2	2	-	4
	15-20	-	1	3	-	4
	20-25	-	-	4	-	4
	Total	2	5	9	-	16
Campo do Meio	5-10	-	2	2	-	4
	10-15	-	-	4	-	4
	15-20	-	-	2	2	4
	20-25	-	-	1	2	3
	Total	-	2	9	4	15
Ibiá	5-10	-	4	-	-	4
	10-15	-	3	1	-	4
	15-20	-	-	2	2	4
	20-25	-	-	2	2	4
	Total	-	7	5	4	16
Luminárias	5-10	3	1	-	-	4
	10-15	-	3	-	-	3
	15-20	-	3	1	-	4
	20-25	-	-	4	-	4
	Total	3	7	5	-	15
Monte Carmelo	5-10	2	2	-	-	4
	10-15	-	3	-	-	3
	15-20	-	2	1	-	3
	Total	2	7	1	-	10
Nazareno	5-10	3	1	-	-	4
	10-15	-	4	-	-	4
	15-20	-	4	-	-	4
	20-25	-	2	2	-	4
	Total	3	11	2	-	16
Paraguaçu	5-10	-	4	-	-	4
	10-15	-	-	4	-	4
	15-20	-	-	2	1	3
	Total	-	4	6	1	11
Santo Antônio do Amparo	5-10	2	2	-	-	4
	10-15	-	3	1	-	4
	15-20	-	1	2	-	3
	20-25	-	-	1	-	1
	Total	2	6	4	-	12
Total Geral	15	65	52	10	142	

E para o pau-santo, foram cubadas rigorosamente 88 árvores com altura menor que 8 m e diâmetro variando entre 5 e 25 cm, em nove municípios, uma vez que no município de Alpinópolis foram cubadas 6 árvores, em Bambuí 8, em Ibiá 11, em Luminárias também 11, em Monte Alegre 10, em Monte Carmelo 7, em Nazareno 15, em Santo Antônio do Amparo 8 e no município de Uberaba foram cubadas 12 árvores (tabela 4).

As cubagens de todas as árvores destas três espécies também foram realizadas em áreas com processo de desmate já autorizados pelo Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais – IEF.

TABELA 4 Freqüência de árvores cubadas de pau-santo em cada município, de acordo com sua classe diamétrica, em centímetros (CLD) e sua classe de altura, em metros (CLH).

Município	CLD	CLH			Total
		2-4	4-6	6-8	
Alpinópolis	5-10	3	1	-	4
	10-15	-	2	-	2
	Total	3	3	-	6
Bambuí	5-10	3	1	-	4
	10-15	1	2	1	4
	Total	4	3	1	8
Ibiá	5-10	4	-	-	4
	10-15	-	3	1	4
	15-20	-	1	2	3
	Total	4	4	3	11
Luminárias	5-10	3	1	-	4
	10-15	-	4	-	4
	15-20	-	2	1	3
	Total	3	7	1	11
Monte Alegre	5-10	2	2	-	4
	10-15	-	3	1	4
	15-20	-	1	1	2
	Total	2	6	2	10
Monte Carmelo	5-10	2	2	-	4
	10-15	-	3	-	3
	Total	2	5	-	7

...continua...

TABELA 4, Cont.

Nazareno	5-10	3	1	-	4
	10-15	3	1	-	4
	15-20	1	3	-	4
	20-25	-	1	2	3
	Total	7	6	2	15
Santo Antônio do Amparo	5-10	3	-	-	3
	10-15	3	2	-	5
	Total	6	2	-	8
Uberaba	5-10	3	1	-	4
	10-15	-	4	-	4
	15-20	-	3	1	4
	Total	3	8	1	12
Total Geral		34	44	10	88

3.2 Cubagem rigorosa

Uma vez que as equações serão ajustadas para o “mix” de espécies encontradas em cada região, utilizaram-se os dados do Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos do Estado de Minas Gerais para se obter informações referentes à densidade relativa das espécies. Com base nesta informação foi possível calcular o número de árvores a serem cubadas por espécie.

O número de árvores cubadas em cada região foi proporcional à densidade relativa das espécies, fato este viabilizado para as quatro espécies que apresentaram maior densidade relativa. As demais, que apresentavam baixos valores de densidade relativa, foram agrupadas como se se tratasse de uma miscelânea de espécies e sua densidade básica computada como se fosse uma única espécie. Assim, para cada região, definiu-se o número mínimo de 80 árvores cubadas (10 árvores por classe diamétrica), sendo este número proporcionalizado com o valor da densidade relativa das quatro espécies mais densas. A partir daí, obteve-se o número de árvores destas espécies a serem cubadas, o qual foi distribuído nas diferentes classes diamétricas. A este foi agregado o número de árvores das demais espécies (miscelânea) para compor a

base de ajuste dos modelos volumétricos. Como, para a miscelânea, há maior variação de fuste, copa e forma, foram proporcionalmente cubadas mais árvores que a prescrição matemática indicou.

Antes de proceder à cubagem rigorosa, mensurou-se a circunferência a 1,30 metro de altura (Cap), a altura total e a altura do fuste da árvore selecionada (Figura 3). Depois, esta árvore foi georreferenciada, abatida e teve sua altura total novamente medida com trena (Figura 4). Após isto, mediu-se a circunferência do toco (altura \leq 10cm) em centímetro na sua extremidade superior, sendo que posteriormente esta foi transformada em diâmetro do toco. Mensurou-se também a altura do toco.

Todos os galhos da árvore cubada que eram menores que 3 cm de diâmetro foram retirados e, então, mediu-se a altura comercial. Depois, a árvore foi cubada medindo-se a circunferência intermediária nas alturas de 0,30 m, 0,70 m, 1,00 m, 1,30 m e 2,00 m e, a partir daí, de metro em metro, até o fim do fuste. Para a cubagem dos galhos, face à irregularidade na forma dos mesmos, adotaram-se comprimentos de seções diferentes, que poderiam ter 10 cm ou 1,6 m, e tomou-se a circunferência no meio dessas, conforme observa-se na Figura 5.

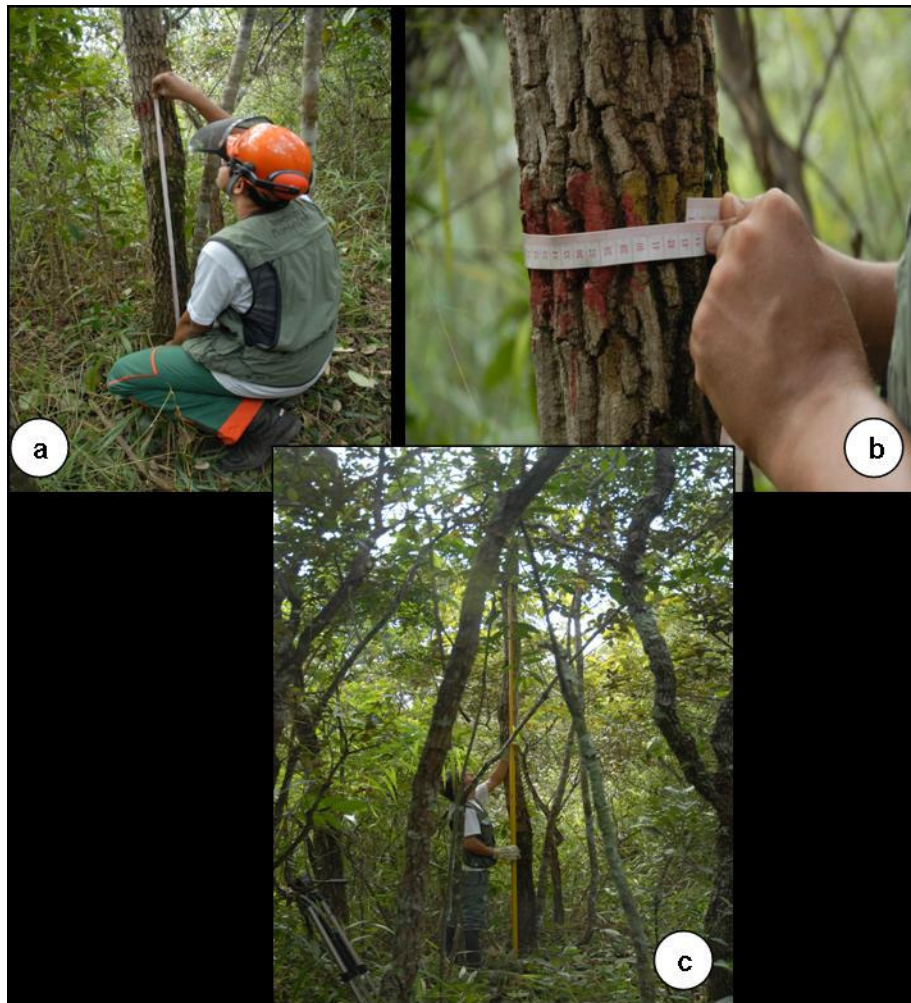


FIGURA 3 Medição de 1,30m de altura (a), do Cap (b) e da altura total com a árvore em pé (c).



FIGURA 4 Georreferenciamento (a), corte da árvore (b) e medição da altura total com a árvore derrubada (c).

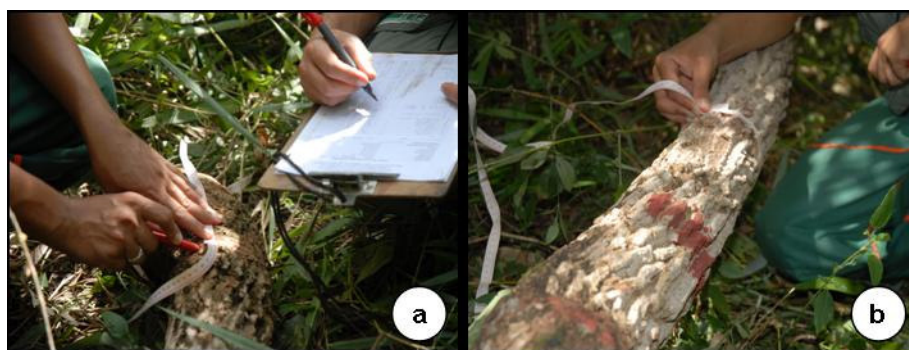


FIGURA 5 Mensuração do comprimento da seção (a) e mensuração da circunferência no meio da mesma (b).

A árvore cubada foi dividida em quatro seções compreendidas entre as alturas 0 e 25%, 25% e 50%, 50% e 75% e 75% e 100% da altura comercial (Figura 6). Nas alturas correspondentes a estes valores, retiraram-se discos com

3 cm de espessura, medindo-se sua circunferência e espessura de casca (Figura 7).

Para quantificar o volume real de cada seção da árvore cubada, utilizou-se a fórmula de Huber:

$$V = 0,0000785398 * d_{int}^2 * l$$

em que V é o volume da seção considerada; l é o seu comprimento, em metro; d_{int} é o diâmetro, em centímetros, tomado no meio da seção considerada e 0,0000785398 é o resultado da divisão de π (3,141516) por 40.000. A soma do volume de cada seção da árvore fornece o valor do volume total com casca da árvore, até 3 cm de diâmetro com casca, exclusive o toco.



FIGURA 6 Marcação do início e fim das seções compreendidas entre as alturas 0% e 25%, 25% e 50%, 50% e 75% e 75% e 100% da altura comercial.



FIGURA 7 Retirada dos discos (a e b), e identificação dos mesmos conforme o local, a árvore e sua posição nela (c e d).

O volume de casca da árvore foi calculado a partir das espessuras de casca medidas em cada disco retirado da árvore. Do valor da porcentagem de casca de cada disco calculou-se uma média de porcentagem de casca por seção e, então, determinou-se o volume de casca por seção. A partir daí, determinaram-se o volume de casca da árvore e o volume total sem casca da mesma.

3.3 Densidade básica

Para a obtenção da densidade básica, dos discos retirados nas alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial foram cortadas cunhas opostas à medula. Para determinar a densidade da casca, coletaram-se amostras deste parâmetro nas mesmas posições da árvore em que as cunhas foram retiradas. Em

ambos os casos, mantiveram-se o controle das amostras por classe de diâmetro e local (Figuras 8 e 9).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (1997), para determinar o volume de madeira saturada, as cunhas e as cascas foram mergulhadas em água por um período de 5 a 7 dias, até atingirem o ponto de saturação. Este ponto é determinado quando a amostra atinge massa constante ou com, no máximo, uma variação de 0,5%. No ponto de saturação, mediu-se o volume da amostra pelo método de deslocamento de água (Princípio de Arquimedes), conforme Figura 10. O volume da amostra é, então, considerado como sendo o volume saturado (V_{sat}).

Para determinar a massa seca, as amostras (cunhas ou casca) foram pesadas e levadas à estufa com temperatura de $103\pm 2^\circ\text{C}$. Durante a secagem, pesou-se a massa das amostras a cada 6 horas, até a ocorrência de uma variação, entre duas medidas consecutivas, menor ou igual a 0,5%, em relação à última massa medida, que será considerada como sendo a massa seca da amostra (m_s), conforme Figura 11. Com a relação entre a massa seca e o volume saturado, foi obtida a densidade básica de cada disco, conforme procedimento mostrado a seguir.

$$D_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}}$$

Em que:

D_{bas} = densidade básica em g/cm^3 ;

m_s = massa seca, em g;

V_{sat} = volume saturado, em cm^3 .

Para cada árvore, calculou-se a densidade básica média ponderada utilizando-se o volume da seção entre um disco e outro por meio da equação:

$$DMA = \frac{\left(\frac{d_0 + d_{25}}{2}\right)V_1 + \left(\frac{d_{25} + d_{50}}{2}\right)V_2 + \left(\frac{d_{50} + d_{75}}{2}\right)V_3 + \left(\frac{d_{75} + d_{100}}{2}\right)V_4}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4}$$

em que:

DMA = densidade básica média ponderada da árvore

$d_0, d_{25}, \dots, d_{100}$ = densidade nas diferentes alturas relativas na árvore, e

V_1, V_2, \dots, V_4 = volumes das seções entre discos.

O peso de matéria seca da árvore foi obtido multiplicando-se o volume real da árvore por sua densidade básica média ponderada (DMA). Então, o peso de matéria seca da árvore é:

$$PS = V_{\text{verde}} * DMA$$

em que:

PS = peso de matéria seca da árvore,

V_{verde} = volume real da árvore obtido a partir da cubagem rigorosa, e

DMA = densidade básica média ponderada da árvore.



FIGURA 8 Marcação das cunhas opostas e retirada da casca para a determinação da densidade.

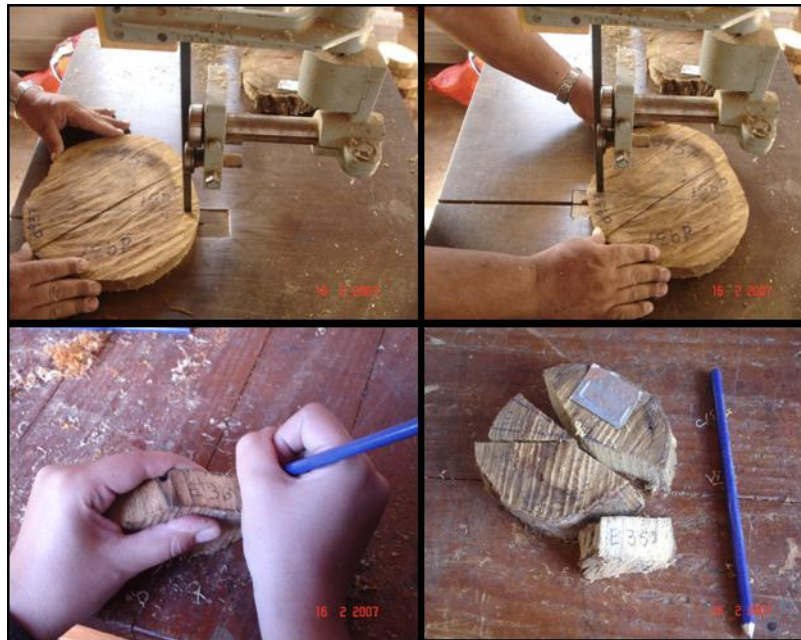


FIGURA 9 Corte e identificação das cunhas.



FIGURA 10 Medição do volume por meio do princípio de Arquimedes.



FIGURA 11 Determinação da massa seca.

3.4 Tanino

O teor de tanino foi determinado nas cascas das árvores de angico-vermelho e barbatimão pelo método de Folin-Denis, que é baseado na redução do ácido fosfomolibdico-fosfotúngstico pelos taninos em meio básico, produzindo uma coloração azul forte, que é medida espectrofotometricamente. Este método possui três reagentes:

- reagente de Folin-Denis: adicionaram-se 100 g de tungstato de sódio desidratado p.a., 20 g de ácido fosfomolibdico e 50 ml de ácido fosfórico p.a. concentrado em 750 ml de água. O reagente foi colocado em refluxo, por 2 horas e depois de esfriar, foi diluído para um litro;
- solução saturada de carbonato de sódio: adicionaram-se 25 g de carbonato de sódio em 100 ml de água. Esta solução foi dissolvida, a 70°C e deixada, durante uma noite, para esfriar. Adicionaram-se alguns cristais do carbonato de sódio dedecaidratado p.a. e deixou-se em repouso até cristalização; após isto, filtrou-se a solução em lâ de vidro;
- solução-padrão recém-preparada de ácido tânico: dissolveram-se 100 mg de ácido tânico p.a. em balão volumétrico de 1.000 ml e depois completou-se o volume do balão.

Foram pipetadas alíquotas de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 ml da solução-padrão de ácido tânico em balões volumétricos de 100 ml, contendo cerca de 50 ml de água. Então, adicionaram-se 5 ml do reagente de Folin-Denis e 10 ml da solução de carbonato de sódio. O volume foi completado com água e os balões, agitados. Após 30 minutos, este composto foi filtrado e sua absorbância foi determinada em espectrofotômetro, a 760 nm. A partir daí, traçou-se a curva-padrão: absorbância x mg de tanino/100 ml.

As amostras foram obtidas pipetando-se alíquotas convenientes em balão volumétrico de 100 ml, contendo, aproximadamente, 50 ml de água. A este foram adicionados 5 ml do reagente de Folin-Denis e 10 ml da solução de

carbonato de sódio. Esta amostra foi diluída com água até 100 ml, agitada, filtrada após 30 minutos e teve a absorvância determinada em espectrofotômetro a 760 nm.

Então, entrou-se com os valores das leituras obtidos para cada amostra na curva-padrão e, assim, foi determinado o teor de tanino, em mg de ácido tânico/100 ml.

3.5 Modelos para estimativas

Foram ajustados 12 modelos que tinham como variáveis independentes o Dap (diâmetro medido à 1,30 m de altura) e H (altura total da árvore) (tabela 5). Os ajustes foram realizados pelo software Sistema Biométrico Florestal (Sisflor) e tiveram como variáveis dependentes o volume total e de fuste, ambos com e sem casca, o peso de matéria seca, o teor de tanino para o angico-vermelho e o barbatimão, e o volume de casca para o pau-santo.

O critério de seleção dos modelos baseou-se no coeficiente de determinação ajustado, no erro padrão residual corrigido e em porcentagem e na análise gráfica de resíduos, além de identificar a existência ou não de multicolinearidade.

O coeficiente de determinação (R^2) expressa a quantidade de variação da variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes. Assim, quanto mais próximo de um for o valor do R^2 , melhor terá sido o ajuste.

TABELA 5 Modelos ajustados para volume de madeira, peso de matéria seca, teor de tanino e volume de casca.

Autor	Modelo
Hohenadl – Krenm	$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Dap} + \beta_2 \text{Dap}^2 + \varepsilon_i$
Brenac	$\text{Ln } Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln Dap} + \beta_2 1/\text{Dap} + \text{Ln } \varepsilon_i$
Spurr	$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Dap}^2 \text{H} + \varepsilon_i$
Schumacher – Hall	$Y = \beta_0 \text{Dap}^{\beta_1} \text{H}^{\beta_2} + \varepsilon_i$
Schumacher – Hall (logarítmica)	$\text{Ln } Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln Dap} + \beta_2 \text{Ln H} + \text{Ln } \varepsilon_i$
Honner	$Y = \text{Dap}^2 / (\beta_0 + (\beta_1 1/\text{H})) + \varepsilon_i$
Ogaya	$Y = \text{Dap}^2 (\beta_0 + \beta_1 \text{H}) + \varepsilon_i$
Stoate (australiana)	$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Dap}^2 + \beta_2 \text{Dap}^2 \text{H} + \beta_3 \text{H} + \varepsilon_i$
Naslund	$Y = \beta_1 \text{Dap}^2 + \beta_2 \text{Dap}^2 \text{H} + \beta_3 \text{Dap H}^2 + \beta_4 \text{H}^2 + \varepsilon_i$
Takata	$Y = \text{Dap}^2 \text{H} / (\beta_0 + \beta_1 \text{Dap}) + \varepsilon_i$
Spurr (logarítmica)	$\text{Ln } Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Ln (Dap}^2 \text{H)} + \text{Ln } \varepsilon_i$
Meyer	$Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Dap} + \beta_2 \text{Dap}^2 + \beta_3 \text{Dap H} + \beta_4 \text{Dap}^2 \text{H} + \beta_5 \text{H} + \varepsilon_i$

β_0, \dots, β_5 = parâmetros do modelo a serem estimados; Dap = diâmetro, em centímetros a 1,30m; H = altura, em metros; Y = característica de interesse; Ln = logaritmo natural e ε_i = erro de estimativa. Fonte: Scolforo (2005).

A fórmula de cálculo do R^2 , apresentada a seguir, reajusta os coeficientes, possibilitando comparar equações em que os graus de liberdade do modelo são diferentes.

$$R^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-1-p} \right) \frac{SQ_{res}}{SQ_{tot}}$$

em que:

R^2 = coeficiente de determinação;

n = número de dados ajustados

p = número de variáveis independentes do modelo em questão;

SQ_{res} = soma de quadrados de resíduos;

SQ_{tot} = soma de quadrados total.

O erro padrão residual (Syx) mede a dispersão média entre os valores observados e estimados ao longo da linha de regressão. Menores valores desta

estatística indicam melhores ajustes. Nos modelos em que a característica de interesse ou variável dependente sofre transformação, foi necessário retransformar o erro padrão residual. A retransformação consiste no seguinte:

$$novoSyx = \sqrt{\frac{\sum (v_i - \hat{v}_i)^2}{n - p - 1}}$$

em que:

novoSyx = erro padrão residual;

v_i = valor observado da variável dependente;

\hat{v}_i = valor estimado pelos modelos;

n = número de dados ajustados;

p = número de variáveis independentes do modelo em questão.

Estas duas estatísticas, coeficiente de determinação e erro padrão residual, não foram utilizadas isoladamente para o julgamento da precisão do modelo, pois podem fornecer informações distorcidas sobre o ajuste. O recomendado é complementá-la por meio da análise gráfica de resíduos, que é decisiva na avaliação da qualidade do modelo, pois permite detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo de toda a linha de regressão.

3.6 Teste de identidade de modelos

O teste de identidade entre modelos foi realizado com o propósito de avaliar a possibilidade de uma única equação modelar o comportamento das variáveis volume total e volume de fuste, com e sem casca, nas três regiões

estudadas. Para cada variável, foram testadas todas as combinações que representam as várias possibilidades de agrupamento entre as três regiões.

Para verificar a possibilidade de identidade entre modelos, foi utilizado o software Sisflor que aplica o teste de identidade descrito por Graybill (1976), baseado no teste de F, a partir da redução da soma de quadrados. Esta técnica também foi utilizada por Regazzi (1992) e Scolforo (2005).

O teste estatístico baseou-se na diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada região isoladamente (modelo completo) e a soma dos quadrados da regressão ajustada para uma única base de dados contendo todas as informações das três regiões de estudo (modelo reduzido). A hipótese de nulidade testada foi a de que os parâmetros eram iguais, ou seja, que o vetor dos parâmetros de um modelo fosse igual ao outro comparado. A rejeição dessa hipótese implicou na impossibilidade do uso de um modelo único com os parâmetros comuns.

O modelo geral utilizado foi:

$$y_{hi} = \beta_{0h} + \beta_{1h}X_{hi} + \varepsilon_{hi} \quad (1)$$

em que:

y_{hi} : i-ésima observação da variável resposta do h-ésimo modelo, sendo $i = 1, 2, \dots, n_h$ o número de observação e $h = 1, 2, 3, \dots$ o número de modelos que correspondem às regiões;

X_{hi} : i-ésimo valor das variáveis regressoras do h-ésimo modelo;

β_{0h}, β_{1h} : parâmetros estimados do h-ésimo modelo;

ε_{hi} : erro aleatório, associado à i-ésima observação do h-ésimo modelo, sendo supostos independentes e normais distribuídos, com média zero e variância comum.

Escrevendo estes h modelos na forma de modelo linear geral, tem-se:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

em que:

y: vetor dos valores observados da variável resposta (Nx1);

X: matriz dos valores das variáveis regressoras (NxH(K+1)), sendo K+1

o número de parâmetros;

β: vetor dos coeficientes (H(K+1)x1);

ε: vetor dos erros aleatórios(Nx1), $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I)$

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{11} \\ \dots \\ Y_{1n} \\ Y_{21} \\ \dots \\ Y_{2n} \\ Y_{31} \\ \dots \\ Y_{3n} \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{1n} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & X_{21} & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 1 & X_{2n} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & X_{31} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & X_{3n} \end{pmatrix} \quad \beta = \begin{pmatrix} \beta_{01} \\ \beta_{11} \\ \beta_{02} \\ \beta_{12} \\ \beta_{03} \\ \beta_{13} \end{pmatrix} \quad \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} \\ \dots \\ \varepsilon_{1n} \\ \varepsilon_{21} \\ \dots \\ \varepsilon_{2n} \\ \varepsilon_{31} \\ \dots \\ \varepsilon_{3n} \end{pmatrix}$$

As hipóteses consideradas foram:

a) Se as equações são idênticas:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_h$ isto é, os modelos (1) reduzem-se à forma:

$$y_{hi} = \beta_0 + \beta_1 X_{hi} + \varepsilon_{hi} \quad (3)$$

em que:

y_{hi} , X_{hi} e ε_{hi} : têm as mesmas especificações do modelo (1);

β_0 e β_1 : coeficientes comuns.

Utilizando-se a anotação matricial, os modelos reduzidos (3) podem ser escritos como:

$$Y = ZY + \varepsilon \quad (4)$$

em que:

Y: vetor dos valores observados da variável resposta (Nx1);

Z: matriz dos valores das variáveis regressoras (N x (K +1))

Y: vetor dos coeficientes comuns ((K+1) x 1);

ε : vetor dos erros aleatórios (N x 1)

Sendo Y e ε semelhantes ao modelo (2) e:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11} \\ \dots \\ Y_{1n} \\ Y_{21} \\ \dots \\ Y_{2n} \\ Y_{31} \\ \dots \\ Y_{3n} \end{bmatrix} \quad Z = \begin{bmatrix} 1 & Z_{11} \\ \dots & \dots \\ 1 & Z_{1n} \\ 1 & Z_{21} \\ \dots & \dots \\ 1 & Z_{2n} \\ 1 & Z_{31} \\ \dots & \dots \\ 1 & Z_{3n} \end{bmatrix} \quad \theta = \begin{bmatrix} \theta_0 \\ \theta_1 \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_{11} \\ \dots \\ \varepsilon_{1n} \\ \varepsilon_{21} \\ \dots \\ \varepsilon_{2n} \\ \varepsilon_{31} \\ \dots \\ \varepsilon_{3n} \end{bmatrix}$$

b) Se as equações têm o mesmo intercepto:

$H_0: \beta_{01} = \beta_{02} = \beta_{03} = \dots = \beta_{0h}$ (as h equações têm a mesma constante de regressão comum), isto é, os modelos em (1) reduzem-se à forma:

$$y_{hi} = \beta_0 + \beta_1 X_{hi} + \varepsilon_{hi} \quad (5)$$

em que:

β_0 : coeficiente comum;

y_{hi} e ε_{hi} têm as mesmas especificações dos modelos (1).

Utilizando-se a nota matricial, os modelos reduzidos em (5) podem ser escritos como:

$$Y = V\gamma + \varepsilon \quad (6)$$

em que:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} \quad \gamma = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \delta_1 \\ \delta_2 \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} \mathbf{u}_1 & \mathbf{V}_1 & 0 & 0 \\ \mathbf{u}_2 & 0 & \mathbf{V}_2 & 0 \\ \mathbf{u}_3 & 0 & 0 & \mathbf{V}_3 \end{bmatrix}$$

Y : vetor dos dados observados da variável resposta ($N \times 1$);

V : matriz dos valores das variáveis regressoras [$N \times (HK + 1)$];

γ : vetor dos coeficientes comuns e não comuns [$(HK + 1) \times 1$];

ε : vetor dos erros aleatórios ($N \times 1$).

c) Se as equações têm um coeficiente de regressão comum:

H_0 : $\beta_{11} = \beta_{12} = \beta_{13} = \dots = \beta_{1h}$ (as h equações têm um coeficiente de regressão comum), isto é, os modelos em (1) reduzem-se à forma:

$$Y_{hi} = \beta_{0h} + \beta_{1h}X_{hi} + \beta_2X_{hi} + \varepsilon_{hi} \quad (7)$$

em que:

β_2 : coeficiente comum

y_{hi} e ε_{hi} : têm as mesmas especificações dos modelos em (1).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Comissão de Estudos de Estrutura de Madeira. **NBR 7190: Projeto de Estrutura de Madeiras**. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.

ABRAMOVAY, R. **Moratória para os cerrados**: elementos para uma estratégia de agricultura sustentável. São Paulo, 1999. 19p.

ALMEIDA, G. Cortiças. **Revista Florestal**. Rio de Janeiro, v.9, n.2, p.10-24, 1946.

ARELLO, E. F. **Aspectos gerais do comportamento “in vitro” de *Kielmeyera coriacea* Martius (Guttiferae)**: produção e enraizamento de brotações. 1991. 148p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z. **Escolha de modelos matemáticos para a construção de curva de índice de sítio para florestas implantadas de *Eucalyptus* spp. no Estado de São Paulo**, IPEF, Piracicaba, 32, 33-42, 1986.

BATTISTI, I. D. E. **Comparação entre modelos de regressão com uma aplicação em biometria florestal**. 2001. 86p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em Mata Secundária no município de Rio Vermelho, MG**. 1996. 75p. Tese (Magister Scientiae. Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CABACINHA, C. D. **Um método para a realização do inventário florestal suprimindo a cubagem rigorosa**. 2003. 116p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAMOLESI, J. F. **Teste para identificar a identidade de modelos de regressão de diferentes materiais genéticos para fins de classificação de**

sítio. 2001. 31p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAMOLESI, J. F. **Volumetria e Teor alfa-bisabolol para Candeia *Eremanthus erythropappus***. 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAMPOS, J. C. C. **Dendrometria**. Viçosa, MG: UFV, 1988. 43p.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 407p.

CAMPOS, J. C. C.; TREVISOL JÚNIOR, T. L.; PAULA NETO, F. Ainda sobre a seleção de equações de volume. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.9, n.2, p.115-126, jul./dez. 1985.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país: relatório final**. Belo Horizonte, 1995.

CLUTTER, J. L.; FORSTON, J. C.; PIENAAR, L. V. **Timber management: a quantitative approach**. Malabar: Krieger, 1992. p.3-29.

COUTO, H. T. do.; VETTORAZZO, S. C. Seleção de equações de volume e peso seco para *Pinus taeda*. **Revista Cerne**, Lavras, v.5, n.1, p.69-80, 1999.

DINIZ, C. E.; PAES, J. B.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 2003.

DIONELLO, S. B.; BASTA, F. Informações sobre os caracteres quantitativos e qualitativos dos frutos e sementes de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Brasil Florestal**. Brasília, v.10, n.44, p.75-80, 1980.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M. N. (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Brasília: Universidade de Brasília, 1994. p.23-31.

FERREIRA, M. B. **Flores do planalto: divisas para Brasília.** Cerrado, Brasília: 1974. 23p.

FERREIRA, M. Z. **Estudos de funções de afilamento para representar o perfil e o volume do fuste de *Pinus taeda* L.** 2004. 200p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; CARNEIRO, M. R. A. Testing accuracy of log volume calculation procedures against water displacement techniques (xilometer). **Canadian Journal of Forest Research**, Toronto, v.30, n.6, p.990-997, June 2000.

FINKE HERRERA, M. E. **Densidade básica e equações de peso de madeira seca de povoamentos de eucaliptos de acordo com a idade, local, espécie e método de regeneração.** 1989. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FOELKEL, C.; MORA, E.; MENOCELLI, S. Densidade básica: Sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** : Campos do Jordão: SBS-SBEF, 1990. p.179-728.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Manual of forest inventory, with special reference to mixed tropical forest.** Roma, 1973. 200p.

FORTES, M. A. A cortiça. **Colóquio de Ciências**, Lisboa, n.4, jan/abr, p.35-60. 1989.

FORTES, M. A.; ROSA, M. E.; PEREIRA, H. **A cortiça.** Lisboa: IST, 2004. 259p.

FRANCO, E. J.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. Eficiência dos métodos para estimativa volumétrica de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Cerne**, Lavras, v.3, n.1, p.82-116, 1997.

FRANCO, E. J. **Estudos dos métodos estimativos de volume, biomassa e nível de produtividade para *Eucalyptus camaudulensis*.** 1996. 100p.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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

GONZÁLEZ LOREDO, R. F. **Preservación de Madera con taninos. Madera y Bosques**, México, v.2, n.2, p.67-73, 1996.

GRAMACHO, R. S. **Estudo químico do caule de Kielmeyera elata e aplicações biológicas de seus constituintes químicos**. 1997. 147p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model**. Belmont: Duxbury, 1976. 704p.

GT CERRADO **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado**. Proposta elaborada pelo Grupo de Trabalho do Bioma Cerrado, instituído pela portaria MMA nº 361 de 12 de setembro de 2003. Brasília, 10 de setembro de 2004. 49p. – Disponível em: <<http://cerradobrasil.cpac.embrapa.br/prog%20cerrado%20sustent.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2007.

HERGET, H. L. Economic importance of flavonoid compounds: wood and bark. In: **The chemistry of flavonoid compounds**. New York: The Macmillan, 1962. p.553-595.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 2.ed. New York: J. Willey, 1972. 410p.

JORGE, L. A. B. Equações de volume comercial com casca em floresta tropical pluvial no norte do Espírito Santo. In: Congresso Nacional sobre Essências Nativas. Silvicultura em São Paulo, v.16A, n.1, p. 456-467, São Paulo, 1982.

LEITE, H. G.; REGAZZI, A. J. Métodos estatísticos para avaliar a igualdade de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.16, n.1, p.59-71, 1992.

LOETSCH, F.; ZOHER, F.; HALLER, K. E. **Forest inventory**. Munchen, BLV. Verlagsgesellschaft, 1973. v.2. 469p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992. 352p.

MACHADO, S. A.; NADOLNY, M. C. Comparação de métodos de cubagem de árvores e de diversos comprimentos de seção. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3., 1991, Curitiba. **Anais...** Curitiba: APF, 1991. v.1, p.89-104.

MACHADO, S. A.; TÊO, S. J.; URBANO, E.; FIGURA, M. A.; SILVA, L. C. R. da. Comparação de métodos de cubagem absolutos com o volume obtido pelo xilômetro para Bracatinga (*Mimosa scabrella* Bentham). **Revista Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p.239-253, 2006.

MANASSÉS, J. P.; PEICHL, B. Medição da madeira e inventário florestal. In: _____. **Manual do técnico florestal**. Campo Largo: Ingra/Colégio Florestal de Irati, 1986. v.3, p.88. Apostila

MARTIN, A. J. Testing volume equation accuracy with water displacement techniques. **Forest Science**, Bethesda, v.30, n.4, p.41-50, 1984.

MORI, F. A. **Caracterização parcial dos taninos da casca e dos adesivos de três espécies de eucaliptos**. 2000.73p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Vegetação no Distrito Federal**: tempo e espaço. Brasília, 1998. 74p.

PANSHIN, A. J.; HARRAR, E. S.; BETHEL, J. S.; BAKER, W. J. **Forest products**: their sources, production, and utilization. 2.ed. New York: MacGraw-Hill, 1962. 538p.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1970. 705p.

PAULA NETO, F. Tabelas volumétricas com e sem casca para *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.1, n.1, p.31-54, jan./jun. 1977.

PAULA NETO, F. de; SOUZA, A. L.; QUINTAES, P. C. G.; SOARES, V. P. Análise de equações volumétricas para *Eucalyptus* segundo o método de

regeneração na Região de José de Melo – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.7, n.1, p.56-70, 1983.

PIERANGELI, C. **Regionalização de vazão para a região do Alto Rio Grande à montante da represa da UHE-Camargos**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PINHEIRO, G. S.; VEIGA, R. A. A. Comparação de modelos de equações de volume para espécies do gênero *Pinus* na estação experimental do Mogi Guaçu-SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v.38, n.1, p.83-93, 1984.

PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: Marcell Dekker, 1983. 364p.

PRANCE, G. T.; PRANCE, A. E. **Bark: the formation, characteristics and uses of bark around the world**. Portland: Timber, 1993. 176p.

PRODAN, M. et al. **Mensura florestal**. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 586p.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de alguns parâmetros num modelo polinomial ortogonal. **Revista Ceres**, Lavras, MG, v.40, n.228, p.176-195, 1992.

RESENDE, S. J. Nutrição mineral do barbatimão. **Revista Seiva**, Viçosa, MG, p.23-32, 1972.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Platina: EMBRAPA – CPAC, 1998. p. 89-166.

RIZZINI, C. T. Árvores e madeiras úteis do Brasil. **Manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Ed. Blucher, 1971. 294p.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. 2.ed.ver. atual. Rio de Janeiro, 1995. 248p.

ROCHA, J. C. O. **Influência da seca de ponteiros na seleção de modelos volumétricos para *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora***. 1992.

111p. Tese (Magister Scientiae – Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SALOMÃO, A. L.; SILVA. Angico vermelho: uma opção entre as espécies florestais nativas *Piptadenia macrocarpa* Benth. Leguminosae Mimosoidea. **Brasil Florestal**, v.10, n.41, p.45-60, 1980.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal 2**: técnicas de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos de madeira. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 292p. (Textos Acadêmicos).

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal**: medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 310p. (Textos Acadêmicos).

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. 352p. (Textos Acadêmicos).

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. **Mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2006. 288 p.

SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEREDO FILHO, A. **Mensuração Florestal 2**: volumetria. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 126p.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M.; ALMEIDA LIMA, C. S. Obtenção de relações quantitativas para estimar volume do fuste em floresta estacional semidecídua montana. **Revista Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.123-134, 1994.

SCOLFORO, J. R. S.; SILVEIRA, V. O uso dos modelos para quantificar o potencial tanante e da madeira do barbatimão (*Striphynodendon adstringens*) existente no Alto e Médio Rio Grande. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: BIOSFERA, 1996. p.313-314.

SFRANCISCO. Disponível em: <<http://www.sfrancisco.bio.br>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

SHIMADA, A. N. **Avaliação dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* como preservativo de madeira**. 1998. 56p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SHIMOYAMA, V. R. de S. **Variação da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus spp.*** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

SILVA, F. C. da. **Análise integrada de usos de água superficial e subterrânea em macro-escala numa bacia hidrográfica: o caso do Alto Rio Paranaíba.** 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

SILVA, J. A. de A. **Estimativas de volume do tronco e da copa, densidade básica, fator de empilhamento de madeira serrada de eucalipto.** 1991. 93p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, G. F.; CAMPOS, J. C. C.; SOUZA, A. L.; LEITE, H.G. Uso de métodos estatísticos para comparar alternativas de estimação do volume comercial. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.21, n.1, p.59-70, jan./mar. 1997.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto.** 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

SIQUEIRA, D. **Adesivo termofixo à base de taninos das cascas de Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* [Mart.] Coville).** 2005. 53p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SOUZA, F. P. **Tecnologia de produtos florestais.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1974. 409p.

THIERSCH, C. R.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; REZENDE, G. D. S. P.; MAESTRI, R. O uso de modelos matemáticos na estimativa da densidade básica da madeira em plantios de clones de *Eucalyptus sp.*. **Revista Cerne**, Lavras, v.12, n.3, p.264-278, 2006.

TRUGILHO, P. F.; CAIXETA, R. P.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. **Revista Cerne**, Lavras, v.3, n.1, p.1-13, 1997.

TRUGILHO, P. F.; SILVA, D. A. da; FRAZÃO, F. J. L.; REGAZZI, A. F. Caracterização de espécies nativas e exóticas amazônicas e do carvão vegetal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.15, n.2, p.144-151, maio/ago. 1991.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Revista ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

VEIGA, R. A. de A. Uso de equações de volume em levantamentos florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE INVENTÁRIO FLORESTAL, 1., 1981, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: IPEF, 1981. p.93-102.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21p. (Boletim Técnico, 2).

ZUCKER, W. V. Tannins: does structure determine function an ecological perspective. **The American Naturalist**, Lancaster, v.12, n.3, p.335-365, Mar. 1983.

CAPÍTULO 2
AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS PARA
O VOLUME DE MADEIRA DO CERRADO *SENSU STRICTO* NA
BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, EM MINAS GERAIS

1 RESUMO

RUFINI, Ana Luiza. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para o volume de madeira do Cerrado *Sensu Stricto* na Bacia do Rio São Francisco, em Minas Gerais. In: _____. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais.** 2008. Cap.2, p.57-85. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

Neste trabalho, a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* presente em três regiões da bacia do rio São Francisco, no estado de Minas Gerais, foi estudada com os seguintes objetivos: ajustar e selecionar equações para estimar o volume total e o volume de fuste, ambos com e sem casca; testar a similaridade entre modelos volumétricos; mostrar o comportamento do volume no fuste e galhos da árvore e avaliar a porcentagem de casca por classe diamétrica. Para isto, realizou-se a cubagem rigorosa por meio do método de Huber, em que a base de dados foi composta de 497 árvores, distribuídas em seis classes de diâmetro, dentro das três regiões de estudo. Mensurou-se a espessura de casca nas alturas de 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. A acurácia dos modelos foi avaliada pelas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação, erro padrão residual e análise gráfica dos resíduos. Para testar a identidade de modelo, utilizou-se o método desenvolvido por Graybill (1976) e, para realizar os ajustes e os testes de identidade, utilizou-se o software Sisflor. Os modelos selecionados para todas as variáveis testadas foram os de Schumacher e Hall e de Spurr logaritmizados. De acordo com o teste de identidade de modelos, para as variáveis volume total e volume de fuste, com e sem casca, existe similaridade entre as regiões 2 e 3. Em relação ao comportamento do volume, observou-se que as menores classes diamétricas possuem maior volume de fuste do que de galhos e também que existe tendência de decréscimo da porcentagem de casca com o aumento da classe diamétrica, para as três regiões estudadas.

Palavras-chave: volumetria, similaridade e porcentagem de casca.

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

2 ABSTRACT

RUFINI, Ana Luiza. Adjust, selection and identity test of models for the volume of wood of the Savannah (Cerrado) in São Francisco River Basin, in Minas Gerais. In:_____. **Volumetry, dry matter weight, tannin and cork content to the savannah (cerrado) in Minas Gerais.** 2008. Cap.2, p. 57-85. Dissertation (Master's degree in Forests of Production) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

In this work, the physiognomy Savannah (Cerrado), present in three areas of the São Francisco River Basin, in Minas Gerais state, was studied with the following objectives: to adjust and to select equations to estimate the total volume and the shaft volume, both with and without bark; to test the similarity among volumetric models ; to show the behavior of the volume in the shaft and branches of the tree and to evaluate the bark percentage in each diametric class . For this, the rigorous scaling using the method of Huber was accomplished, in which the data base was composed of 497 trees, distributed in six diameter classes, inside the three study areas. The bark thickness in the heights of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height was measured. The accuracy of the models was evaluated by the following statistics: determination coefficient, residual standard error and graphic analysis of the residues. To test the model identity, the method used was the one developed by Graybill (1976) and, to accomplish the fittings and the identity tests, the Sisflor software was used. The models selected for all the tested variables were the ones of Schumacher and Hall and of Spurr, transformed in logarithm. According to the identity test of models, for the variables total volume and shaft volume, with and without bark, similarity exists among the areas 2 and 3. Regarding the behavior of the volume, it was observed that the smallest diametric classes possess larger shaft volume than the branches and that there is also a tendency of decreasing the bark percentage with the increase of the diametric class for the three studied areas.

Key-Words: Volumetry, similarity, bark percentage.

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

3 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o bioma de maior expressão no estado de Minas Gerais, sendo o Cerrado *Sensu Stricto* o seu tipo fitofisionômico predominante. Entretanto, este é um dos ambientes mais ameaçados do mundo. No estado de Minas Gerais, o Cerrado tem sofrido forte pressão devido às severas intervenções antrópicas relacionadas à expansão urbana e agropecuária e à infraestrutura e à produção mineral.

Por isso, é importante o estabelecimento de políticas que visem à criação de unidades de conservação e aos subsídios à silvicultura de nativas e que possam auxiliar os processos de licenciamento ambiental. E, também, criar uma base de informações que possibilite estimar o estoque de carbono e que auxilie na quantificação de inventários para fins de manejo, e outros.

Conhecer adequadamente o potencial produtivo de uma floresta é importante para um bom planejamento. Para avaliar o potencial produtivo, pode-se realizar um inventário florestal e empregar equações volumétricas, a fim de se obter estimativas detalhadas de volume da floresta.

Neste contexto, os volumes total, comercial ou de partes da árvore são variáveis de grande interesse a serem estimadas em florestas sujeitas à prática do manejo florestal sustentável. Estimando-se estes volumes com precisão, os planos de manejo, as análises de investimento e as tomadas de decisão também serão precisos.

Então, este estudo foi realizado com o objetivo geral de selecionar equações para estimar o volume total e do fuste da fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do Rio São Francisco. E como objetivos específicos:

- selecionar equações volumétricas para três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;

- testar a similaridade entre modelos (identidade, forma e nível) para a variável volume, em três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;
- mostrar o comportamento do volume distribuído no fuste e copa até galhos com 3 cm de diâmetro, distribuídos em diferentes classes diamétricas para três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;
- avaliar a porcentagem de casca por classe diamétrica de três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Seleção de equações volumétricas

4.1.1 Volume total

Analisando-se as medidas de precisão R^2 , Syx e análise gráfica dos resíduos para a variável dependente volume total com e sem casca, em cada uma das três regiões, observa-se que os modelos de Schumacher e Hall e de Spurr, em suas formas logaritmizadas, se apresentaram melhor do que os demais modelos.

Conforme pode ser observado, por meio das Tabelas 6 e 7, o modelo de Schumacher e Hall logaritmizado foi o que apresentou os maiores valores de R^2 nas três regiões. Já o modelo de Spurr logaritmizado, mesmo não tendo o maior valor de R^2 , se apresentou com valores bem próximos a este, nas três regiões. As melhores estatísticas de erro padrão residual (Syx) foram para o modelo de Meyer, no entanto, pelo teste de Durbin-Watson foi detectada presença de multicolinearidade, mostrando que os erros deste modelo possuem autocorrelação e que o método dos mínimos quadrados não permitiu uma boa estimativa. Por isso, a seleção do melhor modelo foi feita somente para aqueles que não apresentaram multicolinearidade.

Em relação à distribuição gráfica dos resíduos, para as regiões 1 e 2, o modelo de Spurr logaritmizado foi o de melhor desempenho. Já para a região 3, o melhor modelo foi o de Schumacher e Hall logaritmizado (Figuras 12 e 13).

TABELA 6 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume total com casca.

Modelos	Medidas de precisão	Região 1	Região 2	Região 3
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	93,55	92,68	94,84
	Syx (%)	34,91	36,18	30,2
	\bar{E} (m^3)	0,00218	-0,00012	4,72E-05
Brenac	R^2 (%)	97,1	98,37	98,26
	Syx (%)	35,62	36,13	31,37
	\bar{E} (m^3)	0,00554	0,00748	0,00517
Spurr	R^2 (%)	93,35	96,57	94,26
	Syx (%)	35,45	24,76	31,86
	\bar{E} (m^3)	-0,00212	-0,00004	0,00024
Schumacher-Hall	R^2 (%)	95,08	97,05	95,7
	Syx (%)	30,5	22,96	27,56
	\bar{E} (m^3)	-0,00165	0,00279	-0,00751
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	98,63	98,74	98,64
	Syx (%)	30,7	28,14	30,79
	\bar{E} (m^3)	0,00398	0,01339	-0,00347
Honner	R^2 (%)	93,95	96,56	95,71
	Syx (%)	33,81	24,8	27,54
	\bar{E} (m^3)	-0,02232	-0,00919	-0,01197
Ogaya	R^2 (%)	93,94	96,6	95,48
	Syx (%)	33,85	24,68	28,25
	\bar{E} (m^3)	-0,02394	-0,01147	-0,01538
Stoate (australiana)	R^2 (%)	94,85	97,1	95,69
	Syx (%)	31,19	22,77	27,6
	\bar{E} (m^3)	-0,00117	-0,00010	-0,00015
Naslund	R^2 (%)	96,66	98,1	97,21
	Syx (%)	31,01	22,96	27,75
	\bar{E} (m^3)	0,02156	-0,04794	0,00923
Takata	R^2 (%)	93,74	96,82	94,51
	Syx (%)	34,39	23,86	31,16
	\bar{E} (m^3)	0,00202	0,00396	-0,00034
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	97,81	98,14	98,04
	Syx (%)	35,65	26,19	36,34
	\bar{E} (m^3)	0,00647	0,01292	-0,00666
Meyer	R^2 (%)	95,11	97,14	95,76
	Syx (%)	30,4	22,63	27,38
	\bar{E} (m^3)	-0,00032	-0,00005	0,00008

TABELA 7 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume total sem casca.

Modelos	Medidas de precisão	Região 1	Região 2	Região 3
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	92,93	91,13	94,42
	Syx (%)	37,19	41,11	31,9
	\bar{E} (m^3)	0,00247	-0,00012	1,875E-05
Brenac	R^2 (%)	95,84	97,83	97,79
	Syx (%)	38,74	41,25	34,14
	\bar{E} (m^3)	0,00501	0,00964	0,00344
Spurr	R^2 (%)	94,77	96,8	94,05
	Syx (%)	31,99	24,68	32,94
	\bar{E} (m^3)	-0,00146	-2,301E-06	0,00017
Schumacher-Hall	R^2 (%)	95,7	97,24	95,33
	Syx (%)	29,03	22,95	29,18
	\bar{E} (m^3)	-0,00117	0,00362	-0,00794
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	98,48	98,75	98,46
	Syx (%)	29,42	27,64	34,62
	\bar{E} (m^3)	0,00420	0,01111	-0,00503
Honner	R^2 (%)	94,74	96,74	95,35
	Syx (%)	32,08	24,92	29,1
	\bar{E} (m^3)	-0,01767	-0,00787	-0,01151
Ogaya	R^2 (%)	94,74	96,69	95,12
	Syx (%)	32,08	25,11	29,83
	\bar{E} (m^3)	-0,01853	-0,00850	-0,01401
Stoate (australiana)	R^2 (%)	95,52	97,19	95,34
	Syx (%)	29,61	23,14	29,13
	\bar{E} (m^3)	-0,00081	-0,00011	-0,00017
Naslund	R^2 (%)	97,08	98,09	96,93
	Syx (%)	29,32	23,46	29,41
	\bar{E} (m^3)	0,03507	-0,01827	-0,02150
Takata	R^2 (%)	95,12	97,26	94,33
	Syx (%)	30,9	22,86	32,14
	\bar{E} (m^3)	-0,00125	0,00181	-0,00281
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	98,23	98,54	98,14
	Syx (%)	31,91	25,88	39,7
	\bar{E} (m^3)	0,00511	0,01031	-0,00757
Meyer	R^2 (%)	95,74	97,3	95,48
	Syx (%)	28,88	22,67	28,68
	\bar{E} (m^3)	0,00031	-0,00004	0,00009

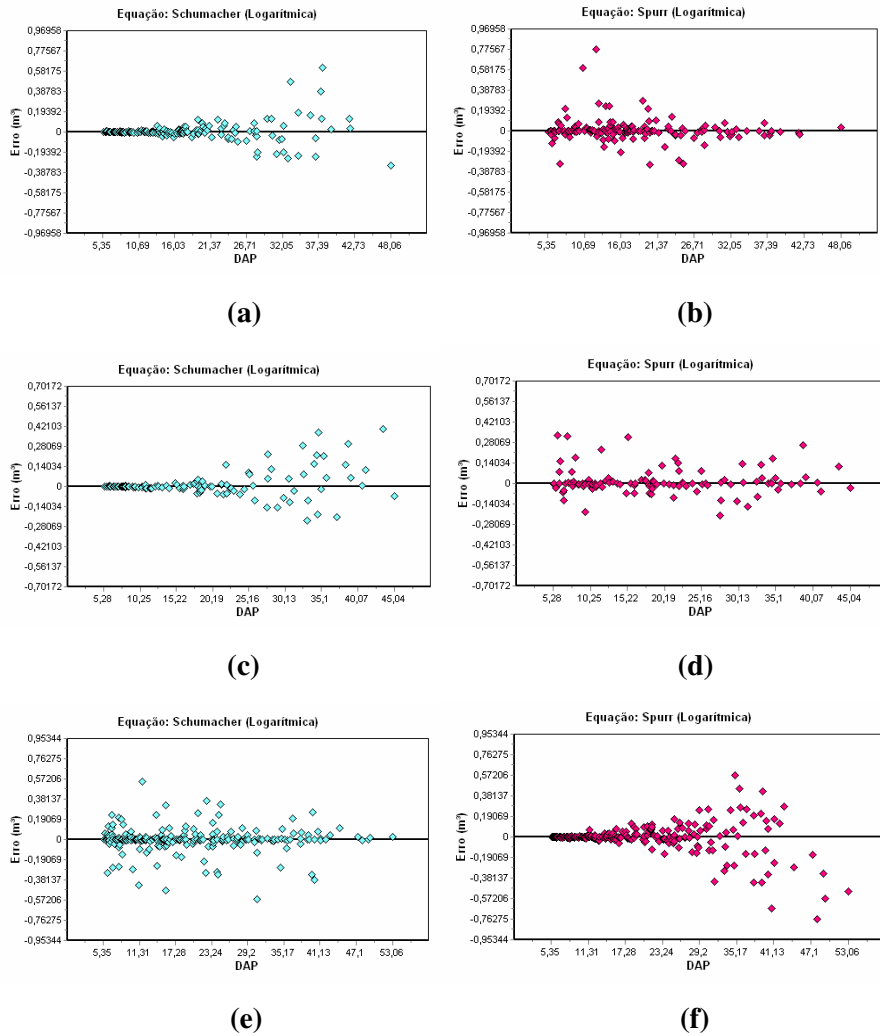


FIGURA 12 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total com casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logarítmico para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f), modelo de Spurr logarítmico, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente.

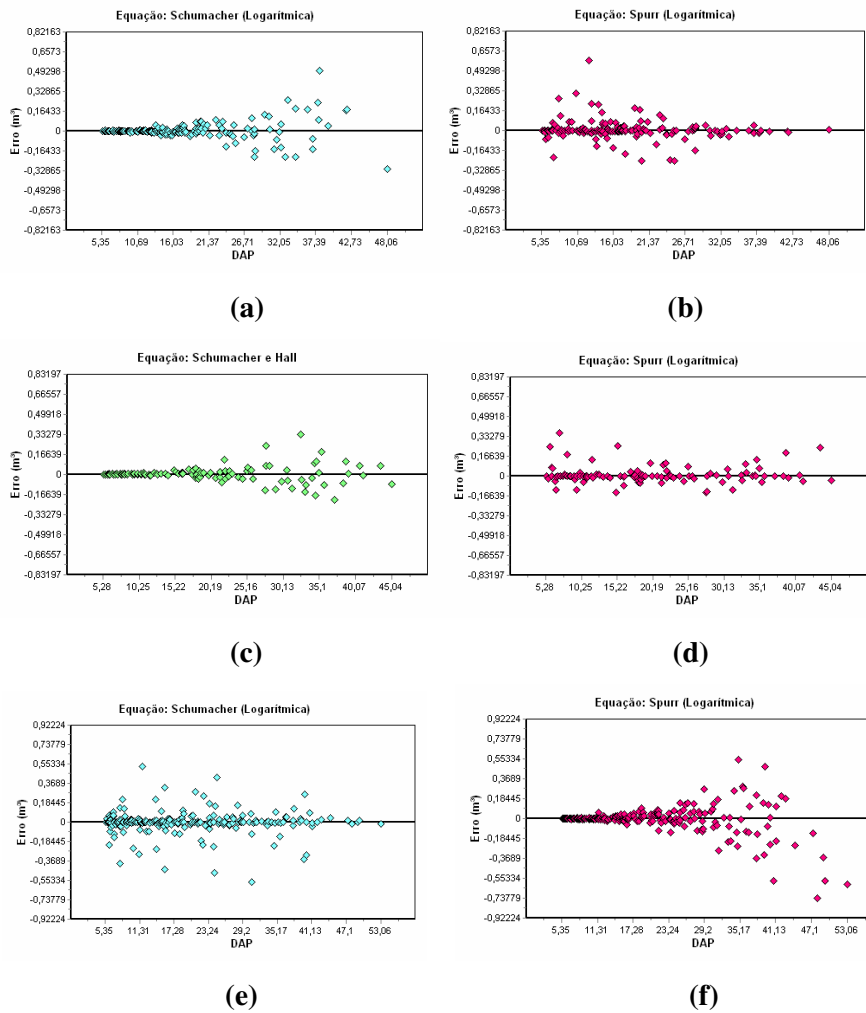


FIGURA 13 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total sem casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f), modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente.

Os valores de coeficiente de determinação encontrados para os modelos de Schumacher e Hall e de Spurr, em suas formas logarítmicas ($R^2 > 97\%$), foram coerentes aos encontrados por CETEC (1995) que, ao determinar equações

volumétricas para florestas nativas de Minas Gerais, encontrou, para a fisionomia Cerrado, valores de R^2 próximos a 96% para a variável volume total com casca, para estes mesmos modelos.

Scolforo et al. (1993) selecionaram equações de volume para o Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio Jequitinhonha e encontraram valores de R^2 próximos a 99%.

Já Camolesi (2007), estudando a volumetria da candeia (*Eremanthus erythropappus*), testou, dentre outros, o modelo de Spurr logaritimizado e encontrou valores de coeficiente de determinação (R^2) superiores a 98% e erro padrão residual (Syx) entre 18% e 26%. Quando comparados com os valores de Syx encontrados neste trabalho (entre 25,88% e 39,7%), os valores de Syx para a candeia são baixos. Isto se deve ao fato de a homogeneidade encontrada em apenas uma espécie, como a candeia, ser maior do que a encontrada em florestas nativas com várias espécies diferentes, como é o caso dos fragmentos de Cerrado *Sensu Stricto* estudados neste trabalho. Scolforo et al. (2004) relataram que valores altos de erro padrão devem-se à alta variabilidade encontrada em vegetação nativa.

4.1.2 Volume de fuste

Analisando-se as medidas de precisão de todas as equações, observa-se que, assim como para a variável volume total, também para as variáveis volume de fuste com e sem casca, o modelo de Meyer apresentou as menores estatísticas de erro padrão residual, mas também multicolinearidade, pelo teste de Durbin-Watson. Já as equações referentes aos modelos de Schumacher e Hall e de Spurr, em suas formas logarítmicas, foram as que apresentaram os melhores resultados, em termos de coeficiente de determinação ajustado (R^2 próximos a 95%) e as mais uniformes distribuições de resíduos, para todas as três regiões, conforme pode ser observado nas Tabelas 8 e 9 e nas Figuras 14 e 15.

TABELA 8 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume de fuste com casca.

Modelos	Medidas de precisão	Região 1	Região 2	Região 3
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	76,76	83,31	82,4
	Syx (%)	52,2	49,35	55,9
	\bar{E} (m^3)	0,00026	2,38E-05	6,89E-06
Brenac	R^2 (%)	84,48	93,95	94,15
	Syx (%)	53,41	50,08	56,69
	\bar{E} (m^3)	0,00949	0,00691	0,00891
Spurr	R^2 (%)	83,72	90,67	91,28
	Syx (%)	43,68	36,89	39,35
	\bar{E} (m^3)	0,00026	-8,10E-05	4,44E-05
Schumacher-Hall	R^2 (%)	87,25	91,7	93,5
	Syx (%)	38,66	34,8	33,97
	\bar{E} (m^3)	-0,00303	-0,00222	0,00038
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	94,35	97,09	96,79
	Syx (%)	39,37	35,66	39,15
	\bar{E} (m^3)	0,00391	0,00531	0,00740
Honner	R^2 (%)	80,08	87,54	84,32
	Syx (%)	48,32	42,65	52,76
	\bar{E} (m^3)	0,00213	0,00825	0,01489
Ogaya	R^2 (%)	81,55	90,4	91,17
	Syx (%)	46,51	37,43	39,6
	\bar{E} (m^3)	0,01243	0,00521	0,01049
Stoate (australiana)	R^2 (%)	86,53	91,42	92,56
	Syx (%)	39,74	35,38	36,35
	\bar{E} (m^3)	-0,00015	-1,72E-05	-2,20E-06
Naslund	R^2 (%)	93,06	95,2	95,57
	Syx (%)	38,77	34,26	35,03
	\bar{E} (m^3)	-0,05659	-0,06588	-0,06652
Takata	R^2 (%)	85,3	90,76	91,93
	Syx (%)	41,52	36,73	37,85
	\bar{E} (m^3)	0,01107	0,00803	-0,00241
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	93,21	96,98	96,73
	Syx (%)	41,12	36,65	41,66
	\bar{E} (m^3)	0,00437	0,00578	0,00796
Meyer	R^2 (%)	87,93	92,1	93,4
	Syx (%)	37,62	33,95	34,23
	\bar{E} (m^3)	-0,00065	-8,99E-05	-1,74E-05

TABELA 9 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável volume de fuste sem casca.

Modelos	Medidas de precisão	Região 1	Região 2	Região 3
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	74,39	81,94	81,89
	Syx (%)	56,72	52,77	57,75
	\bar{E} (m^3)	0,00048	3,48E-05	-4,89E-06
Brenac	R^2 (%)	81,79	92,61	93,41
	Syx (%)	58,38	53,81	58,57
	\bar{E} (m^3)	0,00956	0,00758	0,00748
Spurr	R^2 (%)	82,97	90,95	90,95
	Syx (%)	46,25	37,36	40,83
	\bar{E} (m^3)	0,00042	-4,85E-05	2,33E-05
Schumacher-Hall	R^2 (%)	86,89	92,14	93,49
	Syx (%)	40,58	34,83	34,62
	\bar{E} (m^3)	-0,00272	-0,00212	-0,00036
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	94,27	97,04	96,72
	Syx (%)	41,48	35,54	37,97
	\bar{E} (m^3)	0,00382	0,00424	0,00550
Honner	R^2 (%)	79,95	88,91	86,12
	Syx (%)	50,19	41,35	50,57
	\bar{E} (m^3)	0,00222	0,00571	0,01140
Ogaya	R^2 (%)	81,16	90,76	90,99
	Syx (%)	48,66	37,76	40,74
	\bar{E} (m^3)	0,01112	0,00480	0,00842
Stoate (australiana)	R^2 (%)	86,12	91,85	92,4
	Syx (%)	41,76	35,45	37,41
	\bar{E} (m^3)	8,07E-06	-4,25E-06	-1,90E-05
Naslund	R^2 (%)	92,55	95,29	95,56
	Syx (%)	40,92	34,52	35,47
	\bar{E} (m^3)	-0,04747	-0,05105	-0,07531
Takata	R^2 (%)	83,64	90,29	91,64
	Syx (%)	45,34	38,7	39,25
	\bar{E} (m^3)	0,01200	0,00884	-0,00312
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	92,06	96,59	96,5
	Syx (%)	44,31	37,74	42,34
	\bar{E} (m^3)	0,00469	0,00530	0,00645
Meyer	R^2 (%)	87,56	92,47	93,29
	Syx (%)	39,54	34,07	35,14
	\bar{E} (m^3)	-0,00045	-6,52E-05	-9,47E-06

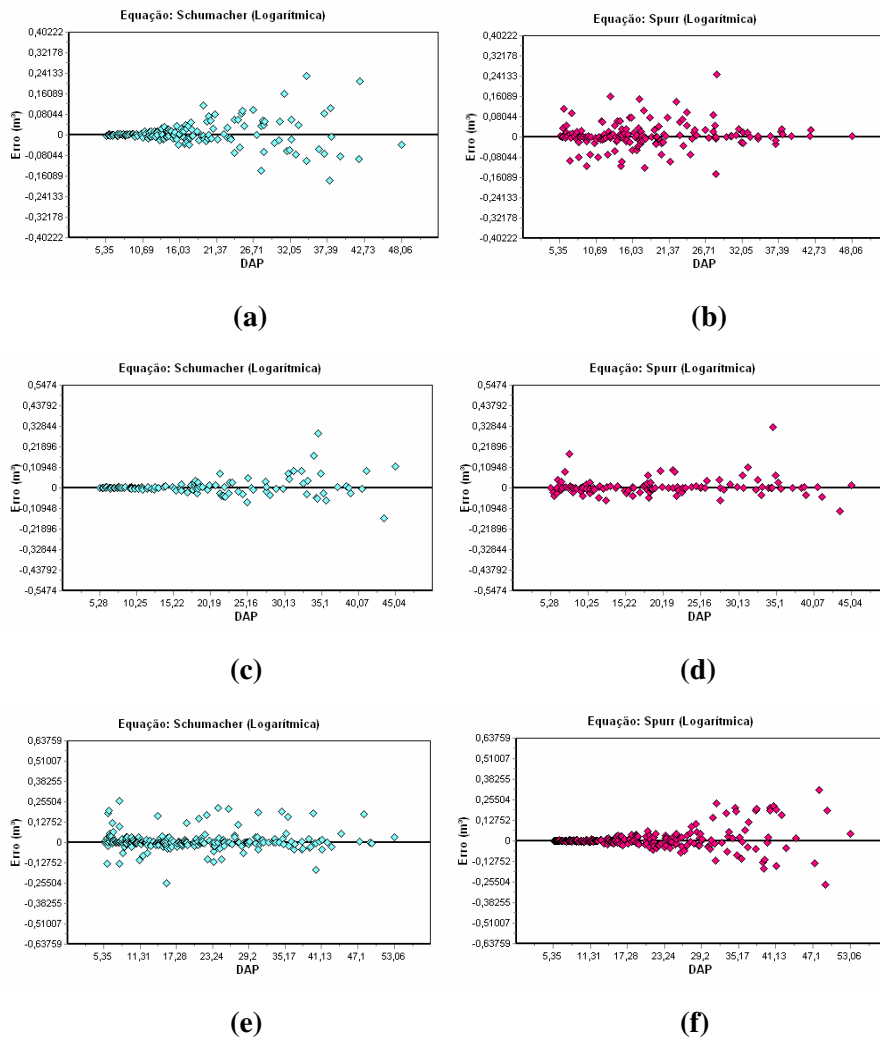


FIGURA 14 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste com casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f) modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente.

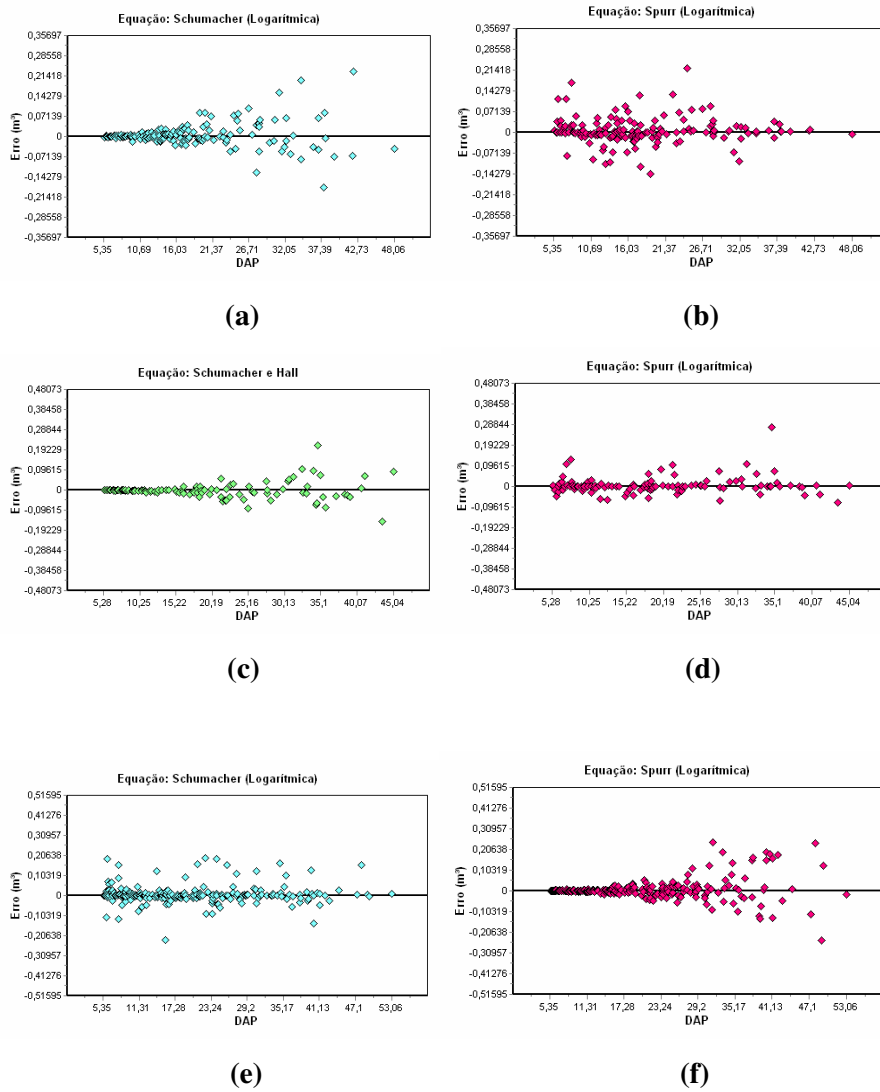


FIGURA 15 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste sem casca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f) modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente.

Os valores de R^2 encontrados neste estudo são compatíveis com outros resultados obtidos para outras formações nativas no Brasil e para as mesmas

variáveis independentes. CETEC (1995), determinando equações para as variáveis volume de fuste com e sem casca, na fisionomia Cerrado, encontrou, para a variável volume de fuste com casca, valores de R^2 próximos a 96%, para os modelos de Schumacher e Hall e Spurr logaritmizados. Já para a variável volume de fuste sem casca, encontrou valores de R^2 próximos a 93%, para estes mesmos modelos.

Scolforo et al. (2004) definiram que, para estimar o volume do fuste de árvores de candeia na região de Airuoca, MG, a equação de Schumacher e Hall logaritmizada é a mais precisa. Os valores de R^2 para esta equação estão entre 80% e 90%.

4.2 Teste de identidade de modelos

As equações volumétricas, específicas para cada uma das três regiões da bacia do rio São Francisco estudadas neste trabalho, oriundas do modelo de Schumacher e Hall logarítmico, foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo a região e para cada variável volumétrica analisada no item anterior. O teste de identidade foi realizado segundo o método proposto por Graybill (1976).

Para que exista identidade entre modelos, o valor da probabilidade de F deve ser maior ou igual ao nível de significância de $\alpha = 0,05$, em todos os três testes (identidade, nível e forma), ou seja, os testes devem ser não significativos.

Conforme se observa na Tabela 10, para a variável volume total com casca, existe identidade entre as regiões 2 e 3 e entre as regiões 1 e 3. Já para a variável volume total sem casca, existe identidade entre todas as três regiões, entre as regiões 2 e 3, e entre as regiões 1 e 2.

TABELA 10 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, em todas as combinações possíveis das três regiões da bacia do rio São Francisco, para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VTcc	1 2 3	Identidade	0,0169	S
	1 2 3	Nível	0,3389	NS
	1 2 3	Forma	0,1146	NS
	2 3	Identidade	0,1922	NS
	2 3	Nível	0,3734	NS
	2 3	Forma	0,3922	NS
	1 3	Identidade	0,1188	NS
	1 3	Nível	0,4357	NS
	1 3	Forma	0,1246	NS
	1 2	Identidade	0,0097	S
	1 2	Nível	0,1282	NS
	1 2	Forma	0,0831	NS
VTsc	1 2 3	Identidade	0,0605	NS
	1 2 3	Nível	0,2341	NS
	1 2 3	Forma	0,0527	NS
	2 3	Identidade	0,3263	NS
	2 3	Nível	0,4062	NS
	2 3	Forma	0,2601	NS
	1 3	Identidade	0,0699	NS
	1 3	Nível	0,277	NS
	1 3	Forma	0,043	S
	1 2	Identidade	0,107	NS
	1 2	Nível	0,0706	NS
	1 2	Forma	0,1008	NS

Em relação às variáveis volume de fuste com casca e volume de fuste sem casca, observa-se, pelos dados da Tabela 11, que houve identidade entre modelos apenas para as regiões 2 e 3.

Como todas as variáveis estudadas apresentaram similaridade entre as regiões 2 e 3, esta combinação será a escolhida. Sendo assim, podem ser utilizadas as mesmas equações de Schumacher e Hall logarítmica que estimem

volume total e volume de fuste, com e sem casca, nas regiões 2 e 3, e outras para estimar estas mesmas variáveis na região 1 (Tabela 12).

TABELA 11 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, em todas as combinações possíveis das três regiões da bacia do rio São Francisco, para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VFcc	1 2 3	Identidade	0,0013	S
	1 2 3	Nível	0,4208	NS
	1 2 3	Forma	0,0048	S
	2 3	Identidade	0,4917	NS
	2 3	Nível	0,6985	NS
	2 3	Forma	0,7162	NS
	1 3	Identidade	0,0001	S
	1 3	Nível	0,1982	NS
	1 3	Forma	0,0012	S
	1 2	Identidade	0,0495	S
	1 2	Nível	0,4137	NS
	1 2	Forma	0,0474	S
VFsc	1 2 3	Identidade	0,0009	S
	1 2 3	Nível	0,6143	NS
	1 2 3	Forma	0,0047	S
	2 3	Identidade	0,5982	NS
	2 3	Nível	0,7105	NS
	2 3	Forma	0,5032	NS
	1 3	Identidade	0,0001	S
	1 3	Nível	0,3338	NS
	1 3	Forma	0,0009	S
	1 2	Identidade	0,0316	S
	1 2	Nível	0,5827	NS
	1 2	Forma	0,1051	S

TABELA 12 Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação, em porcentagem e erro padrão residual, em porcentagem e em m³), para as variáveis estudadas.

Variáveis	Combi- nações	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)	Ē (m ³)	Equação
Volume com casca (m ³)	1	98,63	0,09827	30,7	0,0040	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -9,8295559061 + 2,3527922576 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,6087571437 * \text{Ln}(\text{H})$
		94,35	0,04862	39,37	0,0039	$\text{Ln}(\text{VFcc}) = -9,359090131 + 1,4142164584 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,2521751953 * \text{Ln}(\text{H})$
	-	-	-	-	-	$\text{Vgalhos cc} = \text{VTcc}_{(\text{est})} - \text{VFcc}_{(\text{est})}$
	2 3	98,64	0,10842	28,55	0,0032	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -9,6836972937 + 2,404913352 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,455585292 * \text{Ln}(\text{H})$
96,86		0,05692	38,58	0,0068	$\text{Ln}(\text{VFcc}) = -9,517097 + 1,635911663 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,0633449911 * \text{Ln}(\text{H})$	
Volume sem casca (m ³)	1	98,44	0,08342	29,72	0,0042	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,3522044532 + 2,2930636383 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,8312726915 * \text{Ln}(\text{H})$
		94,27	0,04397	41,48	0,0038	$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -9,8952037838 + 1,3636681218 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,4676421551 * \text{Ln}(\text{H})$
	-	-	-	-	-	$\text{Vgalhos sc} = \text{VTsc}_{(\text{est})} - \text{VFsc}_{(\text{est})}$
	2 3	98,53	0,09971	31,24	0,0011	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,1851313632 + 2,364187701 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,6489733199 * \text{Ln}(\text{H})$
96,81		0,04612	37,18	0,0051	$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -10,0185310695 + 1,595186012 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,256733019 * \text{Ln}(\text{H})$	
-	-	-	-	-	-	$\text{Vgalhos sc} = \text{VTsc}_{(\text{est})} - \text{VFsc}_{(\text{est})}$

4.3 Volume de galhos ou de copa

De acordo com Husch et al. (1993), a determinação do volume de galhos de árvores por meio da utilização de fórmulas geométricas é uma tarefa difícil, principalmente pelo fato de as porções formadoras da copa não guardarem uma relação com a forma geométrica dos sólidos conhecidos. Apesar das dificuldades da aplicação das fórmulas de cubagem, trabalhos vêm sendo desenvolvidos com esse propósito, a fim de desenvolver equações de regressão que estimem o volume da copa de árvores. Entretanto, o valor de volume total de uma árvore, encontrado a partir da soma entre o volume de fuste e o volume de galhos estimados com equações de regressão, é diferente daquele encontrado a partir de estimativa realizada com equação de regressão. Em função disso é que o volume de galhos neste trabalho foi encontrado a partir da subtração do volume total pelo volume de fuste, estimados com equações de regressão (Tabela 12).

Belchior (1996), estimando o volume total, de fuste e de galhos em uma mata secundária no município de Rio Vermelho, MG, verificou que as medidas de precisão dos modelos testados para estimar o volume de galhos não apresentaram valores estatisticamente satisfatórios, quando comparados àqueles obtidos para o volume total e o volume de fuste. Este mesmo autor propôs, então, que a estimativa do volume de galhos fosse feita por meio da diferença das estimativas de volume total e de fuste.

4.4 Comportamento da variável volume

Os valores médios de volume de fuste e de volume de galhos até 3 cm de diâmetro com casca, por classe diamétrica, além de suas respectivas porcentagens, com caráter informativo, são apresentados na Tabela 13. Pode-se observar, por meio desta mesma Tabela e pela Figura 16, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, que há tendência de maior volume de fuste e menor volume de galhos nas árvores que possuem menor diâmetro. Nas regiões 1 e 2, a

partir da classe diamétrica de 15-20, as árvores passam a ter maior volume de galhos e, na região 3, isso ocorre a partir da classe diamétrica de 10-15.

Observando-se as porcentagens médias de fuste e de galhos, notam-se valores muito próximos entre elas para as três regiões. Para as regiões 1 e 2 existe maior porcentagem de fuste que de galhos e, para a região 3, maior porcentagem de galhos do que fuste.

Felfili (1983) realizou a cubagem rigorosa da copa de árvores de florestas nativas no norte do estado do Mato Grosso e concluiu que o volume de galhos representa cerca de 30% do volume total daquelas florestas. Campos et al. (1992), estudando o volume de *Eucalyptus saligna* em Viçosa, MG, concluíram que o volume médio de madeira da copa em relação ao volume total das árvores foi de 35,5%.

Os valores de volume de galhos encontrados por estes autores são inferiores aos encontrados neste estudo, devido ao fato de as árvores presentes na fisionomia Cerrado *Sensu Stricto*, normalmente, crescerem mais espaçadas umas das outras, fazendo com que a proporção do volume contido na copa aumente à medida em que as árvores ficam maiores. De maneira diferente, as árvores plantadas ou de mata, que são mais próximas, possuem, assim, menor quantidade de galhos.

TABELA 13 Valores médios de volume para fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em metros cúbicos e em porcentagem, para cada classe diamétrica (CLD).

Região	CLD	Volume			
		Fuste		Galhos	
		m ³	%	m ³	%
1	5-10	0,017459	80,41	0,004254	19,59
	10-15	0,053547	62,36	0,032326	37,64
	15-20	0,095336	50,43	0,093721	49,57
	20-25	0,153426	42,26	0,209617	57,74
	25-30	0,269185	45,38	0,324003	54,62
	30-35	0,317639	35,46	0,578115	64,54
	35-40	0,327050	22,29	1,140528	77,71
	>40	0,564138	28,08	1,444925	71,92
	Média	0,386393	54,91	0,613607	45,09
2	5-10	0,012534	69,78	0,005429	30,22
	10-15	0,028899	56,73	0,022046	43,27
	15-20	0,079375	50,48	0,077852	49,52
	20-25	0,121398	42,61	0,163489	57,39
	25-30	0,174782	35,66	0,315409	64,34
	30-35	0,374298	42,61	0,504212	57,39
	35-40	0,378990	31,79	0,813234	68,21
	>40	0,526017	30,92	1,175180	69,08
	Média	0,385776	51,27	0,614224	48,73
3	5-10	0,012240	67,65	0,005852	32,35
	10-15	0,033257	50,31	0,032848	49,69
	15-20	0,076769	47,22	0,085792	52,78
	20-25	0,120509	40,39	0,177863	59,61
	25-30	0,210817	38,47	0,337221	61,53
	30-35	0,340123	39,45	0,522071	60,55
	35-40	0,413356	32,16	0,872132	67,84
	>40	0,716500	39,23	1,109949	60,77
	Média	0,389642	48,31	0,610358	51,69

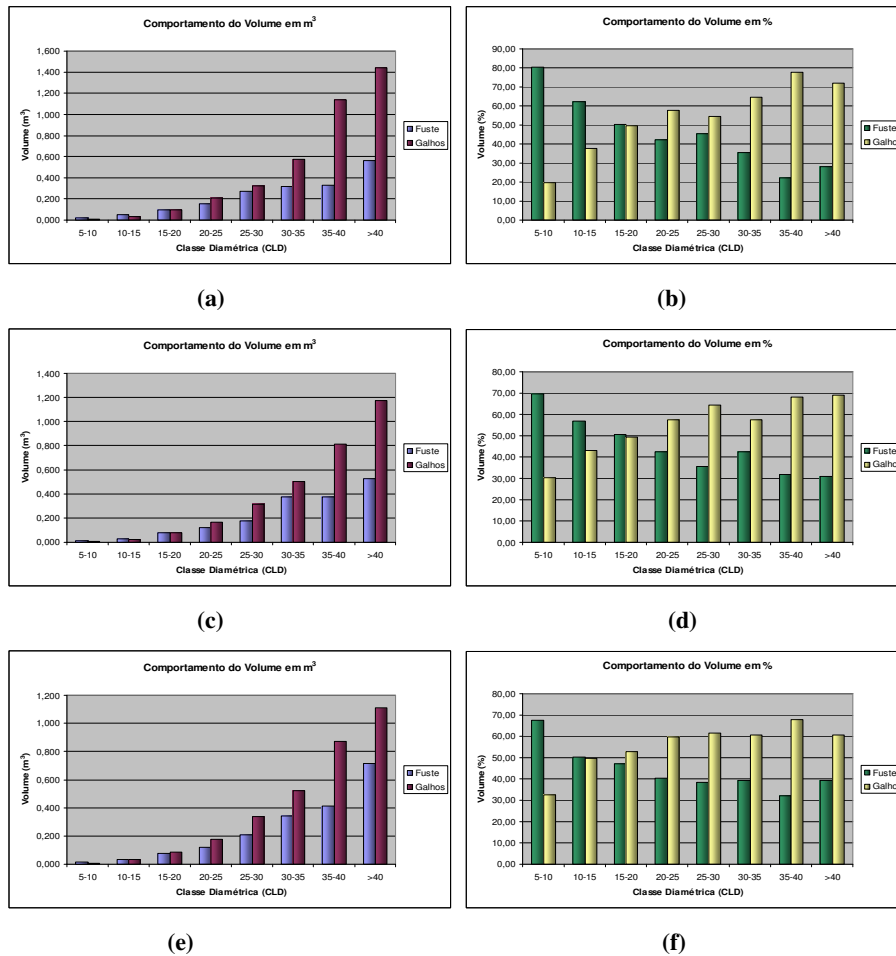


FIGURA 16 Gráficos de comportamento do volume do fuste e dos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c) e (e) representam o volume, em metros cúbicos, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f) representam o volume, em porcentagem para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente.

4.5 Porcentagem de casca

Os dados da Tabela 14 mostram que, para as três regiões de estudo, existe tendência de as menores classes possuírem maior porcentagem de casca em relação às classes diamétricas maiores. Isso ocorre tanto para volume de

fuste quanto para volume de galhos, com variações entre 25% e 10% das menores para as maiores classes diamétricas. Camolesi (2007), quantificando o volume por classe de diâmetro da espécie *Eremanthus erythropappus* (Candeia), em três municípios de Minas Gerais, encontrou esta mesma tendência para porcentagem de casca nos três municípios estudados, com valores variando entre 25% e 8%.

Castro et al. (1979) também encontraram esta tendência de diminuição da porcentagem de casca à medida em que aumentou o diâmetro das árvores, quando estudaram árvores de *Gmelina arborea* provenientes de plantios, no município de Viçosa, MG. Eles encontraram porcentagem de casca em relação ao volume do tronco, que variava entre 26% e 32%.

TABELA 14 Valores de porcentagem de casca no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro, distribuídos nas diferentes classes diamétricas, para as regiões 1, 2 e 3, da bacia do rio São Francisco.

Volume							
Região	CLD	Fuste			Galhos		
		com casca	sem casca	%	com casca	sem casca	%
1	5-10	0,01746	0,01394	20,15	0,00425	0,00321	24,52
	10-15	0,05355	0,04459	16,73	0,03233	0,02582	20,13
	15-20	0,09534	0,08095	15,09	0,09372	0,07809	16,67
	20-25	0,15343	0,13032	15,06	0,20962	0,17500	16,51
	25-30	0,26919	0,23672	12,06	0,32400	0,28113	13,23
	30-35	0,31764	0,27811	12,45	0,57812	0,49242	14,82
	35-40	0,32705	0,27899	14,69	1,14053	0,97242	14,74
	>40	0,56414	0,50555	10,38	1,44493	1,28772	10,88
2	5-10	0,01253	0,01008	19,61	0,00543	0,00435	19,86
	10-15	0,02890	0,02308	20,14	0,02205	0,01725	21,76
	15-20	0,07937	0,06594	16,93	0,07785	0,06394	17,87
	20-25	0,12140	0,10310	15,08	0,16349	0,13371	18,21
	25-30	0,17478	0,14864	14,96	0,31541	0,26047	17,42
	30-35	0,37430	0,32113	14,20	0,50421	0,43006	14,71
	35-40	0,37899	0,32264	14,87	0,81323	0,69016	15,13
	>40	0,52602	0,46559	11,49	1,17518	1,04998	10,65

...continua...

TABELA 14, Cont.

3	5-10	0,01224	0,00963	21,35	0,00585	0,00448	23,52
	10-15	0,03326	0,02585	22,26	0,03285	0,02580	21,45
	15-20	0,07677	0,06150	19,88	0,08579	0,06871	19,91
	20-25	0,12051	0,09828	18,44	0,17786	0,14292	19,65
	25-30	0,21082	0,17916	15,02	0,33722	0,28864	14,41
	30-35	0,34012	0,28829	15,24	0,52207	0,43859	15,99
	35-40	0,41336	0,34472	16,61	0,87213	0,73207	16,06
	>40	0,71650	0,60990	14,88	1,10995	0,94001	15,31

4.6 Intensidade amostral

A Tabela 15 apresenta a intensidade amostral por classe diamétrica para cada uma das três regiões estudadas, considerando um erro igual a 15%.

Como pode ser observado nessa tabela, em todas as classes diamétricas das três regiões estudadas, o número de árvores cubadas foi suficiente, sendo que para a maioria das classes, esse valor foi muito superior ao que a intensidade amostral prescreveu, mostrando que a cubagem realizada foi suficiente para um erro de 15%.

A exceção ocorreu apenas na classe diamétrica de 30-35cm para a região 1 e maior que 40cm para a região 2, onde a intensidade amostral prescreveu um número de árvores que deveriam ter sido amostradas maior do que o que realmente foi cubado.

TABELA 15 Número de árvores prescritas para serem cubadas, de acordo com a intensidade amostral (IA), por classe de diâmetro.

Região	CLD	ΣV	$\Sigma(V^2)$	V médio	n	GL	CV (%)	IA
1	5 - 10	0,60798	0,01640	0,02171	35	34	60,34	35,10
	10 - 15	2,91969	0,28631	0,08587	35	34	41,29	17,33
	15 - 20	6,61701	1,39830	0,18906	36	35	38,15	15,00
	20 - 25	6,17174	2,35498	0,36344	17	16	23,26	6,95
	25 - 30	6,52507	3,96821	0,59319	13	12	40,51	16,79
	30 - 35	9,85330	9,55209	0,89576	11	10	30,08	9,96
	35 - 40	8,80547	13,88714	1,46758	7	6	46,64	21,66
	>40	6,02719	12,23706	2,00906	3	2	12,59	1,69
2	5 - 10	0,48500	0,01035	0,01796	27	26	44,14	19,58
	10 - 15	0,91702	0,05190	0,05095	19	18	40,44	16,73
	15 - 20	3,14453	0,54095	0,15723	20	19	31,48	10,91
	20 - 25	3,70353	1,11871	0,28489	13	12	25,56	7,91
	25 - 30	4,90191	2,57738	0,49019	10	9	28,41	9,09
	30 - 35	9,66362	9,34907	0,87855	11	10	33,37	11,85
	35 - 40	8,34556	10,49340	1,19222	7	6	25,25	7,71
	>40	6,80479	12,19711	1,70120	6	5	55,64	30,08
3	5 - 10	0,90460	0,01974	0,01809	52	51	48,96	23,70
	10 - 15	2,51202	0,19546	0,06611	38	37	42,64	18,37
	15 - 20	5,52709	0,97727	0,16256	34	33	30,06	9,94
	20 - 25	10,44305	3,29669	0,29837	35	34	24,44	7,23
	25 - 30	12,60487	7,39766	0,54803	23	22	27,22	8,61
	30 - 35	15,51948	14,69181	0,86219	18	17	32,21	11,21
	35 - 40	17,99683	23,87427	1,28549	14	13	18,55	4,84
	>40	23,74384	46,41505	2,82645	13	12	17,83	4,47

V = volume da árvore; n = número de árvores cubadas; GL = grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; IA = intensidade amostral.

5 CONCLUSÕES

- Os modelos de Schumacher e Hall e de Spurr, em suas formas logaritmizadas, foram os mais precisos para estimar as variáveis volume total com e sem casca e volume de fuste com e sem casca, nas três regiões de estudo.
- Os volumes total com e sem casca, e volumes de fuste com e sem casca, são similares entre duas regiões da bacia do rio São Francisco, a região 2, que compreende as sub-bacias 5, 6 e 10 e a região 3, que compreende as sub-bacias 7, 8 e 9.
- Para as três regiões estudadas, as árvores que apresentam menores diâmetros possuem maior volume de fuste e menor volume de galhos, comparadas às árvores de maiores diâmetros.
- Existe tendência de decréscimo de porcentagem da casca com o aumento do diâmetro das árvores, nas três regiões estudadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em Mata Secundária no município de Rio Vermelho, MG.** 1996. 75p. Tese (Magister Scinetiae – Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAMOLESI, J. F. **Volumentria e teor alfa-bisabolol para Candeia *Eremanthus erythropappus*.** 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A.; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucaliptos de grande porte. **Revista Árvore**, v.16, n.3, p.319-336, 1992.

CASTRO, N. S.; FOELKEL, C. E. B.; GOMIDE, J. L. Aproveitamento industrial da madeira de *Gmelina arborea* Roxb. para a produção de celulose. **Revista Árvore**, v.3, n.1, p.24-46, 1979.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país: relatório final.** Belo Horizonte, 1995.

FELFILI, J. M. **Avaliação do potencial florestal e dos resíduos de exploração das florestas do norte do Estado do Mato Grosso.** 1983. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model.** Belmont: Duxbury, 1976. 704p.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. Forest mensuration. 3.ed. New York: Ronald, 1993. 402p.

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. 352p. (Textos Acadêmicos).

SCOLFORO, J. R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, S. T. da. Equações de biomassa e volume para Cerrado *Sensu Stricto*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 2., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: 1993. p.508 – 510.

SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. de; CAMOLESI, J. F.; BORGES, F.R.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.87-102, 2004.

CAPÍTULO 3
AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE PARA O PESO DE
MATÉRIA SECA DO CERRADO *SENSU STRICTO*, NA BACIA DO RIO
SÃO FRANCISCO, EM MINAS GERAIS

1 RESUMO

RUFINI, Ana Luiza. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para o peso de matéria seca do Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais. In: _____. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais.** 2008. Cap.3, p.86-101. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O presente estudo foi realizado com o objetivo de ajustar, selecionar e testar a similaridade entre modelos para a estimativa do peso de matéria seca, além de mostrar o comportamento deste e da densidade básica nas diferentes classes diamétricas, para a fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* presente em três regiões da bacia do rio São Francisco, no estado de Minas Gerais. Para isso, foi realizada a cubagem rigorosa em 497 árvores distribuídas em seis classes de diâmetro, dentro das três regiões de estudo. Foram coletados discos nas alturas correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial e, destes, retiradas cunhas opostas à medula. O volume de cada cunha foi determinado pelo princípio de Arquimedes (deslocamento de água) e o peso seco foi determinado após a secagem das mesmas em estufa, à temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingirem peso constante e, com a relação destes, calculou-se a densidade básica. Com o valor da densidade de cada disco, calcularam-se a densidade média ponderada e o peso de matéria seca por árvore. A acurácia dos modelos foi avaliada pelas seguintes estatísticas: coeficiente de determinação, erro padrão da média e análise gráfica dos resíduos. Para testar a identidade de modelo, foi usado o método desenvolvido por Graybill (1976), tendo os ajustes e os testes de identidade sido realizados pelo software Sisflor. Os modelos selecionados para estimar o peso de matéria seca foram os de Schumacher e Hall e de Spurr logaritmizados. O teste de identidade de modelos mostrou que existe similaridade entre as regiões 2 e 3. Para as três regiões de estudo, observou-se que existe tendência de acréscimo do peso de matéria seca com o aumento da classe diamétrica das árvores e de decréscimo da densidade básica da madeira no sentido base-topo da árvore, em todas as classes diamétricas.

Palavras-chave: Peso seco, densidade básica e similaridade.

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello - UFLA (co-orientador).

2 ABSTRACT

RUFINI, Ana Luiza. Adjustment, selection and identity test of models for the dry matter weight of the Savannah (Cerrado) in the São Francisco River Basin, in Minas Gerais. In:_____. **Volumetry, dry matter weight, tannin and cork content to the savannah (cerrado) in Minas Gerais**. 2008. Cap.3, p.86-101. Dissertation (Master's degree in Forests of Production) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

This study was accomplished with the objective of adjusting, selecting and testing the similarity among models for estimating the dry matter weight, besides showing its behavior and of the basic density in the different diametric classes, for the physiognomy Savannah(cerrado) present in three areas of São Francisco River Basin, in Minas Gerais state. For this purpose, the rigorous scaling was accomplished in 497 trees distributed in six diameter classes, inside the three study areas. Disks were collected in the heights corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height and wedges opposed to the marrow were retreated from these. The volume of each wedge was determined by the Arquimedes' principle (displacement of water) and the dry weight was determined after drying the same ones in a greenhouse, to the temperature of $103\pm 2^{\circ}\text{C}$, until they reach constant weight and, related to these, the basic density was calculated. With the value of the density of each disk, the considered medium density and the dry matter weight for tree were calculated. The accuracy of the models was evaluated by the following statistics: determination coefficient, standard error of the average and graphic analysis of the residues. To test the model identity, the method developed by Graybill (1976) was used, and the fittings and the identity tests were accomplished using the Sisflor software. The models selected to estimate the dry matter weight were the ones of Schumacher and Hall and of Spurr, transformed in logarithm. The identity test of models showed that similarity exists among the areas 2 and 3. For the three study areas, it was observed that tendency of increment of the dry matter weight exists with the increase of the diametric class of the trees and the decrease of wood basic density from the base to the top of the tree, in all diametric classes.

Key-Words: dry Weight, basic density , similarity.

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

3 INTRODUÇÃO

Uma forte tendência em biometria e inventário florestal é fornecer, além das tradicionais estimativas de parâmetros, como o volume, também estimativas dos produtos que se espera produzir a partir da madeira ou, ainda, de variáveis que tenham relação direta com estes, como a densidade básica.

Quando o objetivo do empreendimento florestal é produzir madeira para energia é mais interessante quantificar o estoque de biomassa do que o estoque volumétrico. No manejo florestal, a densidade básica determina as práticas a serem aplicadas no povoamento, em função do produto final e, no inventário florestal, está ligada à produtividade da floresta, em termos de quantidade de madeira seca/ha.

A densidade básica pode variar entre gêneros, espécies e entre árvores, pois é influenciada por fatores como os componentes anatômicos e químicos da madeira, idade e condições edafoclimáticas, além de variar também ao longo do fuste e no sentido radial de uma mesma árvore (Panshi & Zeeuw, 1970; Shimoyama, 1990 e Silva, 1991).

A partir do produto da densidade básica da árvore cubada rigorosamente com o seu volume real, obtém-se a estimativa do peso seco, que é considerado uma unidade de medida da produção e da produtividade florestal (Finke Herrera, 1989). O peso de matéria seca existente num dado momento da vida do povoamento corresponde ao estoque de biomassa de uma floresta e a estimativa da biomassa pode ser feita pelos mesmos métodos utilizados para estimar volume.

Sendo assim, o peso seco total e ou de partes da árvore apresenta-se como uma variável de grande interesse a ser estimada em florestas sujeitas à prática do manejo florestal sustentável e também para que o estado de Minas Gerais estabeleça políticas que visem à criação de unidades de conservação,

subsídeos à silvicultura de nativas e que possam auxiliar nos processos de licenciamento ambiental. Além disso, a estimativa desta variável irá criar uma base de informações que possibilite estimar o estoque de carbono e que auxilie na quantificação de inventários para fins de manejo e outros.

Portanto, este estudo foi realizado com o objetivo geral de selecionar modelos para estimar o peso de matéria seca da fisionomia Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais. E, como objetivos específicos:

- selecionar equações de peso de matéria seca para três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;
- testar a similaridade entre modelos (identidade, forma e nível) para a variável peso de matéria seca em três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio São Francisco;
- mostrar o comportamento do peso de matéria seca e da densidade básica distribuídos em diferentes classes diamétricas para três regiões de Cerrado *Sensu Stricto* da bacia do rio São Francisco.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Seleção de equações para o peso de matéria seca

Na Tabela 16 são apresentadas as medidas de precisão dos modelos ajustados para a variável peso de matéria seca, nas três regiões de estudo.

Nota-se que o modelo de Meyer foi o que apresentou os menores valores de erro padrão residual (S_{yx}), entretanto, pelo teste de Durbin-Watson, foi detectada a presença de multicolinearidade, mostrando que o método dos mínimos quadrados para este modelo não permitiu uma boa estimação, pois os erros estão autocorrelacionados.

Já as equações relacionadas aos modelos de Schumacher e Hall e de Spurr logaritmizados foram as que apresentaram os maiores valores de coeficiente de determinação (R^2), próximos a 97% e 96%, respectivamente, para as três regiões estudadas. Estas equações apresentaram, também nas três regiões de estudo, valores de erro padrão residual próximos a 40%, estando estes sempre entre os menores valores observados. Além disso, as suas análises gráficas de resíduos mostraram-se entre as mais homogêneas encontradas (Figura 17).

Os valores de R^2 encontrados neste estudo, para os modelos selecionados, foram compatíveis aos encontrados por diversos autores que estudaram outras formações naturais no Brasil. Camolesi (2007), selecionando modelos para estimar o peso seco de candeia, e Scolforo et al. (1993), selecionando equações para estimar a biomassa do Cerrado *Sensu Stricto* na bacia do rio Jequitinhonha, em MG, encontraram valores de R^2 próximos a 98%.

Entretanto, Camolesi (2007) encontrou valores de erro padrão residual entre 20% e 28%, sendo estes bem inferiores aos encontrados neste estudo. E essa discrepância pode ser devido ao fato de a variabilidade encontrada em vegetações nativas ser maior do que aquela encontrada quando se tem apenas uma espécie.

TABELA 16 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em tonelada, para os modelos ajustados, nas três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável peso de matéria seca.

Modelos	Medidas de Precisão	Região 1	Região 2	Região 3
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	92	83,16	90,34
	Syx (%)	41,66	54,51	43
	\bar{E} (t)	0,00060	2,03E-08	2,70E-05
Brenac	R^2 (%)	95,73	96,87	96,77
	Syx (%)	41,38	56,27	44,37
	\bar{E} (t)	0,00604	0,00874	0,00787
Spurr	R^2 (%)	90,98	89,4	87,26
	Syx (%)	44,24	43,26	49,38
	\bar{E} (t)	-0,00041	2,48E-07	0,00016
Schumacher-Hall	R^2 (%)	93,57	89,42	90,29
	Syx (%)	37,35	43,2	43,11
	\bar{E} (t)	0,00201	-0,00337	-0,00555
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	97,51	97,26	97,12
	Syx (%)	38,8	48,32	45,57
	\bar{E} (t)	0,00600	0,01019	0,00441
Honner	R^2 (%)	91,12	89,4	89,93
	Syx (%)	43,88	43,24	43,91
	\bar{E} (t)	-0,01852	0,00056	-0,01434
Ogaya	R^2 (%)	91,1	89,42	89,45
	Syx (%)	43,95	43,21	44,93
	\bar{E} (t)	-0,01934	-0,00043	-0,01707
Stoate (australiana)	R^2 (%)	92,61	89,22	90,08
	Syx (%)	40,03	43,61	43,58
	\bar{E} (t)	-0,00091	-7,35E-08	-0,00016
Naslund	R^2 (%)	95,06	93,12	93,45
	Syx (%)	39,49	43,47	43,64
	\bar{E} (t)	0,04606	-0,04672	0,03432
Takata	R^2 (%)	92,35	89,64	87,46
	Syx (%)	40,73	42,76	48,99
	\bar{E} (t)	0,00594	-0,00437	0,00016
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	96,84	96,66	96,5
	Syx (%)	44,46	43,77	52,53
	\bar{E} (t)	0,00853	0,00999	0,00230
Meyer	R^2 (%)	93,54	89,74	90,43
	Syx (%)	37,42	42,55	42,8
	\bar{E} (t)	0,00067	7,82E-09	9,96E-05

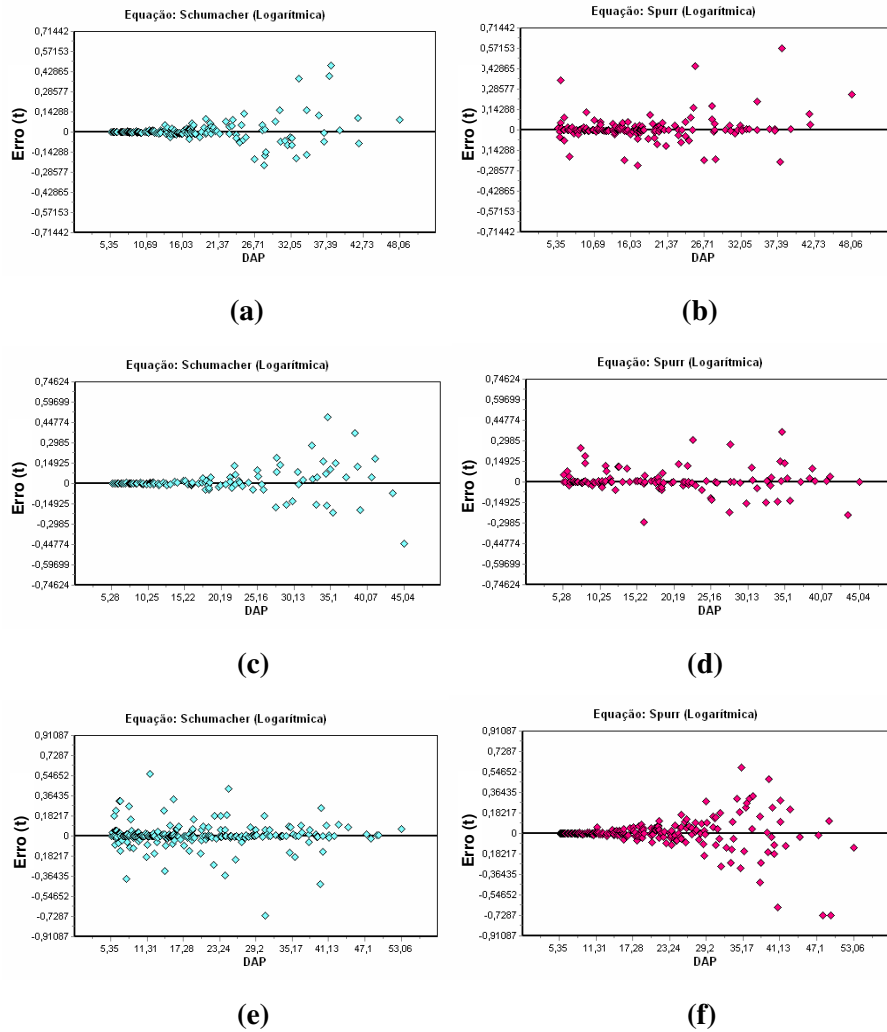


FIGURA 17 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável peso de matéria seca, sendo (a), (c) e (e) modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente e (b), (d) e (f), modelo de Spurr logaritmizado, para as regiões 1, 2 e 3, respectivamente.

4.2 Teste de identidade de modelos

As equações de peso de matéria seca específicas, para cada uma das três regiões da bacia do rio São Francisco estudadas neste trabalho, oriundas do

modelo de Schumcher e Hall logarítmico, foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo a região. O teste de identidade foi realizado segundo o método proposto por Graybill (1976).

Para que exista identidade entre modelos, o valor da probabilidade de F deve ser maior ou igual ao nível de significância $\alpha = 0,05$, em todos os três testes (identidade, nível e forma), ou seja, os testes devem ser não significativos.

Analisando-se a Tabela 17, observa-se que existe similaridade entre as regiões 2 e 3 da bacia do rio São Francisco e entre as regiões 1 e 3. Portanto, apenas uma equação pode ser utilizada para se estimar o peso de matéria seca de qualquer área na região 2 e na região 3. A equação que representa esta combinação é apresentada na Tabela 18, juntamente com a equação que representa a região 1.

Camolesi (2007), testando a identidade entre modelos para estimar o peso de matéria seca da candeia em três municípios de Minas Gerais, encontrou similaridade entre os municípios de Delfim Moreira e Airuoca.

TABELA 17 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, em todas as combinações possíveis das três regiões da bacia do rio São Francisco, para a variável peso de matéria seca (PS).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
PS	1 2 3	Identidade	0,0086	S
	1 2 3	Nível	0,0211	S
	1 2 3	Forma	0,0141	S
	2 3	Identidade	0,1719	NS
	2 3	Nível	0,0808	NS
	2 3	Forma	0,1065	NS
	1 3	Identidade	0,0724	NS
	1 3	Nível	0,1707	NS
	1 3	Forma	0,0966	NS
	1 2	Identidade	0,0023	S
	1 2	Nível	0,0035	S
	1 2	Forma	0,0039	S

TABELA 18 Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m³), para a variável peso de matéria seca (PS).

Variável	Combinações	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)	Ē (t)	Equação
PS	1	97,51	0,07966	38,8	0,006	$\text{Ln(PS)} = -10,5708913276 + 2,3963026293 * \text{Ln(Dap)} + 0,6698880493 * \text{Ln(H)}$
	2 3	97,1	0,10927	45,74	0,008	$\text{Ln(PS)} = -10,2436364892 + 2,4343809326 * \text{Ln(Dap)} + 0,4435436225 * \text{Ln(H)}$

4.3 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca

Os dados da Tabela 19 demonstram o comportamento da densidade básica da madeira e da casca, desde a base até o topo da árvore, considerando este como sendo até 3 cm de diâmetro com casca, para as três regiões estudadas. Na região 1, a faixa de densidade básica da madeira para o Cerrado situa-se entre 0,52 e 0,73 g/cm³, havendo predominância da densidade entre 0,60 e 0,65 g/cm³. A densidade básica média ponderada para esta região é de 0,64 g/cm³. A densidade básica da casca está entre 0,32 e 0,46 g/cm³, sendo o valor médio 0,39 g/cm³.

Para a região 2, a faixa de densidade básica da madeira para o Cerrado situa-se entre 0,50 a 0,74 g/cm³, com predominância na faixa de 0,62 e 0,68 g/cm³, sendo a densidade média ponderada para a região de 0,61 g/cm³. A densidade básica da casca está entre 0,38 a 0,53 g/cm³ e seu valor médio é de 0,46 g/cm³.

Na região 3, a densidade básica da madeira apresenta faixa de amplitude que vai de 0,52 a 0,70 g/cm³. Predominantemente, este valor encontra-se entre 0,61 e 0,67 g/cm³, sendo a densidade básica média ponderada desta região igual

a 0,62 g/cm³. Em relação à densidade básica da casca, esta região apresenta uma amplitude de 0,35 a 0,58 g/cm³, sendo o valor médio 0,46 g/cm³.

TABELA 19 Valores médios de densidade básica da madeira (DMA) e da casca, para 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial (até 3 cm de diâmetro com casca), e de peso de matéria seca (PS) por classe diamétrica, para o Cerrado nas regiões 1, 2 e 3 da bacia do rio São Francisco.

Região	CLD	0%	25%	50%	75%	100%	Casca	DMA	PS (t)
1	5-10	0,637	0,580	0,557	0,551	0,525	0,322	0,575	0,0127
	10-15	0,683	0,631	0,607	0,579	0,541	0,385	0,617	0,0538
	15-20	0,678	0,639	0,620	0,603	0,563	0,377	0,628	0,1203
	20-25	0,704	0,658	0,640	0,615	0,556	0,372	0,643	0,2344
	25-30	0,636	0,613	0,624	0,579	0,533	0,352	0,607	0,3574
	30-35	0,713	0,671	0,652	0,613	0,575	0,461	0,653	0,5876
	35-40	0,711	0,737	0,705	0,632	0,620	0,432	0,694	1,0172
	>40	0,708	0,739	0,698	0,605	0,647	0,419	0,691	1,4003
Média	0,684	0,659	0,638	0,597	0,570	0,390	0,639	0,4729	
2	5-10	0,674	0,622	0,602	0,589	0,575	0,430	0,616	0,0110
	10-15	0,673	0,647	0,619	0,595	0,568	0,383	0,629	0,0320
	15-20	0,686	0,608	0,600	0,572	0,551	0,460	0,606	0,0949
	20-25	0,739	0,682	0,654	0,619	0,583	0,464	0,664	0,1889
	25-30	0,636	0,613	0,583	0,559	0,523	0,465	0,590	0,2936
	30-35	0,686	0,645	0,674	0,640	0,582	0,449	0,655	0,5799
	35-40	0,662	0,628	0,625	0,576	0,574	0,524	0,616	0,7233
	>40	0,504	0,537	0,523	0,543	0,552	0,525	0,529	0,8798
Média	0,658	0,623	0,610	0,587	0,564	0,463	0,613	0,3505	
3	5-10	0,637	0,600	0,571	0,559	0,552	0,353	0,588	0,0106
	10-15	0,658	0,622	0,603	0,585	0,531	0,398	0,609	0,0407
	15-20	0,643	0,596	0,596	0,565	0,523	0,385	0,591	0,0961
	20-25	0,651	0,612	0,608	0,585	0,534	0,474	0,605	0,1809
	25-30	0,684	0,659	0,662	0,618	0,568	0,521	0,648	0,3571
	30-35	0,695	0,667	0,650	0,618	0,554	0,508	0,646	0,5673
	35-40	0,689	0,663	0,653	0,619	0,543	0,580	0,644	0,8379
	>40	0,673	0,651	0,636	0,630	0,542	0,436	0,640	1,1595
Média	0,666	0,634	0,622	0,597	0,543	0,457	0,621	0,4062	

No município de Arinos (região 3), foi encontrada a menor densidade básica para a espécie *Pseudobombax* sp. (imbituçu), igual a 0,26 g/cm³ e, no município de São José da Varginha (região 1), foi encontrada a maior densidade

básica ($0,83 \text{ g/cm}^3$), para a espécie *Tabebuia ochracea* (ipê-amarelo). Os valores de densidade encontrados neste estudo assemelham-se aos encontrados por Vale et al. (2002), em que a densidade básica da madeira de espécies do Cerrado apresenta variação de $0,20$ a $0,78 \text{ g/cm}^3$, enquanto a densidade básica da casca pode variar de $0,17 \text{ g/cm}^3$ a $0,67 \text{ g/cm}^3$. Burguer e Richter (1991) afirmam que a variação da densidade básica da madeira é de $0,13$ a $1,4 \text{ g/cm}^3$.

Na Figura 18 observa-se que há uma tendência de decréscimo da densidade básica da base para o topo da árvore, em todas as classes diamétricas, nas três regiões estudadas, exceto na classe diamétrica >40 cm da região 2. Camolesi (2007) também observou a tendência de decréscimo da densidade básica no sentido base-topo, para a candeia, em três municípios de Minas Gerais e encontrou valores de densidade da madeira variando entre $0,54$ e $0,74 \text{ g/cm}^3$ e de densidade da casca entre $0,38$ e $0,54 \text{ g/cm}^3$.

Ainda na Tabela 19 encontram-se os valores médios de peso de matéria seca por classe diamétrica para cada uma das três regiões estudadas. Observa-se, nesta Tabela e na Figura 19, que há um acréscimo no peso de matéria seca conforme se aumenta a classe diamétrica das árvores. Essa mesma tendência foi observada por Camolesi (2007), quando estudou o comportamento do peso de matéria seca para a candeia, em três municípios de Minas Gerais.

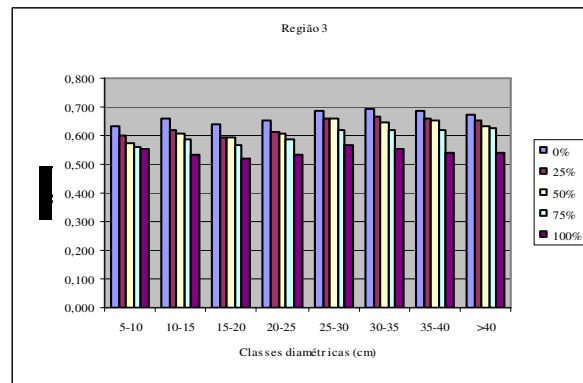
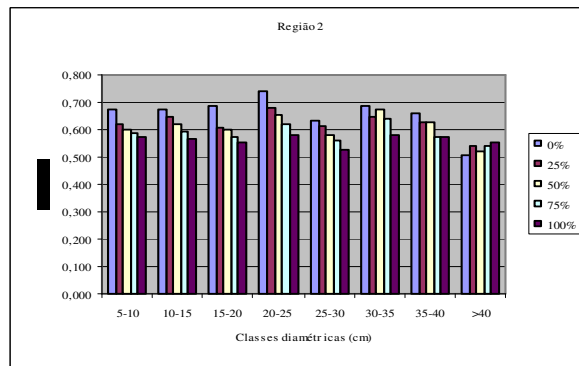
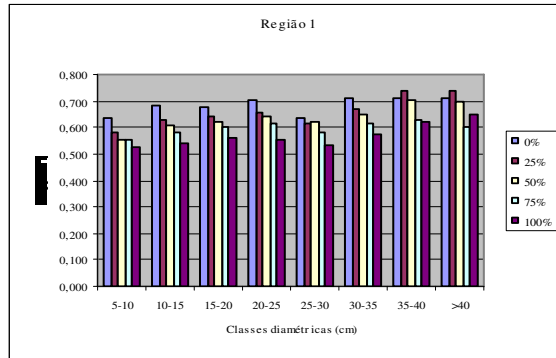


FIGURA 18 Densidade básica (Db), em g/cm^3 , para as alturas 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial (até 3 cm de diâmetro com casca), em cada classe diamétrica, para as três regiões da bacia do rio São Francisco.

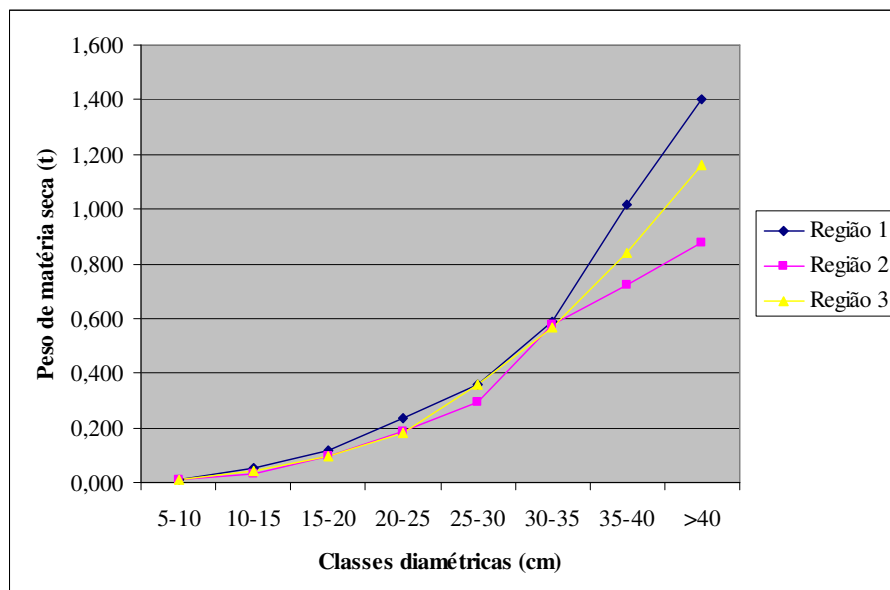


FIGURA 19 Distribuição do peso de matéria seca (t), em relação às classes diamétricas (cm), para as regiões 1, 2 e 3 da bacia do rio São Francisco.

5 CONCLUSÕES

- Os modelos de Schumacher e Hall e de Spurr logaritmizados foram os melhores e os mais precisos para se estimar o peso de matéria seca nas regiões estudadas da bacia do rio São Francisco.
- O teste de identidade entre modelos indicou a possibilidade de agrupamento da região 2, que compreende as Sub-bacias 5, 6 e 10 e da região 3, que compreende as sub-bacias 7, 8 e 9.
- Nas três regiões estudadas, existe tendência de decréscimo da densidade básica da madeira, no sentido base-topo da árvore, para todas as classes diamétricas.
- Existe tendência de acréscimo do peso de matéria seca com o aumento da classe diamétrica das árvores, nas três regiões estudadas da bacia do rio São Francisco.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154p.

CAMOLESI, J. F. **Volúmetria e teor alfa-bisabolol para Candeia *Eremanthus erythropappus***. 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FINKE HERRERA, M. E. **Densidade básica e equações de peso de madeira seca de povoamentos de eucaliptos de acordo com a idade, local, espécie e método de regeneração**. 1989. 113p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model**. Belmont: Duxbury, 1976. 704p.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1970. 705p.

SCOLFORO, J. R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, S. T. da. Equações de biomassa e volume para Cerrado *Sensu Stricto*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 2., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: 1993. p.508-510.

SHIMOYAMA, V. R. de S. **Variação da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus spp.*** 1990. 93p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

SILVA, J. A. de A. **Estimativas de volume do tronco e da copa, densidade básica, fator de empilhamento de madeira serrada de eucalipto**. 1991. 93p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

CAPÍTULO 4
AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS PARA
AS VARIÁVEIS VOLUME, PESO DE MATÉRIA SECA E PRODUÇÃO
DE TANINO DO ANGICO-VERMELHO (*Anadenanthera colubrina*
(Benth.) Brenan), EM MINAS GERAIS

1 RESUMO

RUFINI, Ana Luiza. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para as variáveis volume, peso de matéria seca e produção de tanino do angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan), em Minas Gerais. In: _____. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais**. 2008. Cap.4, p.102-141. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo desse estudo foi ajustar, selecionar e testar a identidade entre modelos que estimem os volumes total e de fuste, o peso de matéria seca e o teor de tanino do angico-vermelho, além de mostrar o comportamento do volume, da densidade básica, do peso de matéria seca e do teor de tanino nas diferentes classes diamétricas, em 3 municípios situados na bacia do rio Grande, em Minas Gerais. Para isto, realizou-se a cubagem rigorosa pelo método de Huber, em 29 árvores de angico-vermelho, distribuídas nos 3 municípios. Também foram coletados discos nas alturas correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, para se obter a densidade básica. O teor de tanino foi determinado pelo método Folin-Dennis. A acurácia dos modelos foi avaliada pelo R^2 , Syx e análise dos resíduos e, para testar a identidade de modelo, foi usado o método de Graybill (1976). Os ajustes e os testes de identidade foram realizados pelo software Sisflor. O modelo selecionado para todas as variáveis testadas, nos 3 municípios, foi o de Schumacher e Hall logaritimizado. Quanto ao teste de identidade de modelos notou-se que, para as variáveis volume total e volume de fuste, não existe similaridade entre nenhum município, para o peso de matéria seca, o teste mostrou similaridade entre Campo do Meio e Passos. Já para o tanino, o teste indicou similaridade entre os 3 municípios. Em relação ao comportamento do volume, observou-se que as menores classes diamétricas possuem maior porcentagem de volume de fuste do que de galhos. Para a densidade básica, nos três municípios e para o teor de tanino em Campo do Meio e Passos, não existe tendência clara de diminuição ou aumento, conforme aumentam os diâmetros. Entretanto, ela é maior no fuste que nos galhos. E o peso de matéria seca aumenta à medida que as árvores aumentam de diâmetro.

Palavras-chave: cubagem rigorosa, similaridade, densidade básica.

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador), José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

2 ABSTRACT

RUFINI, Ana Luiza. Adjustment, selection and of identity test of models for the variables volume, dry matter weight and tannin production of the “angico-vermelho” (*Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan), in Minas Gerais. In: _____. **Volumetry, dry matter weight, tannin and cork content to the savannah (cerrado) in Minas Gerais.** 2008. Cap.4, p.102-141. Dissertation (Master's degree in Forests of Production) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The objective this study of adjusting, selecting and testing the identity among models that estimate the total and shaft volumes, the dry matter weight and the tannin content of the angico-vermelho, besides showing the behavior of the volume, the basic density, the dry matter weight and the tannin content in different diametric classes, in 3 counties located in the Big River basin, in Minas Gerais. For this, the rigorous cubage using the method of Huber was accomplished, in 29 trees of angico-vermelho distributed in ten counties. Disks were also collected in the heights corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height, to obtain the basic density. The tannin content was determined using the Folin-Dennis method. The accuracy of the models was evaluated by the R^2 , S_{yx} and analysis of the residues and, to test the model identity, the method used was the Graybill (1976). The fittings and the identity tests were accomplished using the Sisflor software. The selected model for all the tested variables, in the 3 counties, was the one of Schumacher and Hall logarithmized. Regarding the identity test of models, it was noticed that, for the variables total volume and shaft volume, with and without bark, similarity doesn't exist among none of the 3 counties. For the dry matter weight, the test showed similarity between Campo do Meio and Passos. For the tannin, the test indicated similarity among the 3 counties. Regarding the behavior of the volume, it was observed that the smallest diametric classes possess larger percentage of shaft volume than of branches. For the basic density, in the 3 counties and for the tannin content in Campo do Meio and Passos, there isn't a clear tendency of decrease or increase, as the diameter increase. However, the basic density of the shaft is larger than that of the branches and the dry matter weight increases as the tree diameter increases.

Key-Words: rigorous cubage, similarity, basic density.

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello - UFLA (co-orientador).

3 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado ocupa a maior porção do estado de Minas Gerais e a sua cobertura florestal apresenta variedade elevada de espécies vegetais, sendo algumas consideradas de alto valor econômico, seja pela qualidade de sua madeira ou pelo valor dos produtos delas retirados, como a casca, que pode ser utilizada para a extração de tanino.

Exemplo disso é o angico-vermelho (*Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan) que, além de possuir madeira de alta qualidade, tem como maior expressão econômica a extração do tanino de sua casca (Lima, 1989), cujos teores variam de 15%-20%. Isso faz com que esta espécie se destaque entre os vegetais tanantes ou taníferos e com que seja largamente utilizada nas indústrias de cortume (Rizzini, 1971; Salomão; Silva, 1980; Lorenzi, 1992).

Entretanto, a exploração desordenada do angico, tanto por sua madeira quanto pela utilização de sua casca para a extração de tanino, e a falta de práticas adequadas de manejo têm levado essa espécie florestal ao risco de esgotamento (Diniz et al., 2003).

Os taninos são produtos naturais de composição fenólica, utilizados no processo de curtimento do couro, na indústria do petróleo, no tratamento de água de abastecimento e residuária e na fabricação de tintas e adesivos (Pashin et al., 1962; Silva, 1999; Trugilho et al., 1997). Isso faz com que o tanino apresente alta importância no mercado de produtos florestais e, portanto, atenção especial deve ser atribuída ao fato de que, sob certas condições básicas, esse produto pode ser produzido em bases sustentadas e utilizado sem que se processe a destruição dos recursos florestais.

Sendo assim, o volume, o peso seco e o teor de tanino total, comercial ou de partes da árvore de angico-vermelho são variáveis de grande interesse a serem estimadas em florestas sujeitas à prática de manejo florestal sustentável,

uma vez que, se estes são estimados com precisão, os planos de manejo florestal e as análises de investimento podem ser realizados com maior grau de confiabilidade.

Então, para balizar as análises de investimentos e controlar os planos de manejo para a espécie *Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan (angico-vermelho), este estudo foi realizado com o objetivo geral de selecionar modelos para estimar o volume, o peso de matéria seca e a produção de tanino desta espécie na bacia do rio Grande. Os objetivos específicos foram:

- selecionar equações de volume, peso de matéria seca e produção de tanino, para a espécie *Anadenanthera colubrina* (Benth.) Brenan (angico-vermelho) em três áreas da bacia do rio Grande;
- avaliar, para o angico-vermelho, a similaridade nas áreas de estudo para as variáveis volume, peso de matéria seca e tanino;
- mostrar o comportamento do volume distribuído no fuste e na copa, até galhos com 3 cm de diâmetro, do peso de matéria seca e do teor de tanino distribuídos em diferentes classes diamétricas, para o angico-vermelho, na bacia do rio Grande.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Seleção de equações

4.1.1 Volume total

Analisando-se as medidas de precisão coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão residual (Syx), juntamente com o gráfico de dispersão dos resíduos para as variáveis dependentes volume total com e sem casca, em cada um dos três municípios estudados, pôde-se observar que o modelo de Shumacher e Hall, em sua forma logarítmica, se apresentou melhor do que os demais modelos.

Pelos dados das Tabelas 20 e 21, observa-se que o modelo de Naslund foi o que apresentou os maiores valores de R^2 (próximos a 99%). No entanto, isso ocorreu devido ao fato de este modelo não possuir o coeficiente de regressão β_0 e possuir muitas variáveis independentes, pois, quanto mais variáveis independentes e quanto menor o tamanho da amostra, menor será o valor do grau de liberdade dos resíduos e, conseqüentemente, maior será o R^2 . Os valores de Syx para este modelo foram inferiores a 15%, para os municípios de Campo do Meio e Uberaba, tanto para volume total com casca quanto sem casca. Entretanto, este modelo forneceu estimativas negativas para estas variáveis, pois houve presença de multicolinearidade.

Já o modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, mesmo não tendo apresentado o maior valor de R^2 , apresentou valores altos deste parâmetro nos três municípios (acima de 94%, para Campo do Meio e Passos, e próximo a 86%, para Uberaba). O erro padrão residual (Syx) deste modelo apresentou valores abaixo de 30% e, quanto à distribuição gráfica dos resíduos, o modelo de Schumacher e Hall logaritmizado apresentou-se entre as distribuições mais uniformes e homogêneas (Figuras 20 e 21).

TABELA 20 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume total com casca.

Modelos	Medidas de precisão	Campo do Meio	Passos	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	92,1	89,08	85,97
	Syx (%)	21,14	26,6	28,4
	\bar{E} (m^3)	-3,60E-08	-2,81E-08	-1,12E-08
Brenac	R^2 (%)	95,66	96,86	76,5
	Syx (%)	21,92	26,66	30,68
	\bar{E} (m^3)	0,01422	0,00628	0,00694
Spurr	R^2 (%)	92,96	88,13	66,63
	Syx (%)	19,96	27,73	43,81
	\bar{E} (m^3)	-8,00E-07	-3,86E-07	-1,47E-07
Schumacher-Hall	R^2 (%)	93,49	89,15	-354,31
	Syx (%)	19,19	26,52	161,64
	\bar{E} (m^3)	-0,00110	0,00553	0,18070
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	94,51	95,91	86,62
	Syx (%)	21,38	29,66	29,97
	\bar{E} (m^3)	-0,00685	0,01695	0,00539
Honner	R^2 (%)	93,46	85,2	66,36
	Syx (%)	19,24	30,97	43,98
	\bar{E} (m^3)	-0,00529	0,03121	0,02279
Ogaya	R^2 (%)	94,78	87,2	84
	Syx (%)	17,19	28,8	30,33
	\bar{E} (m^3)	-0,01218	-0,01748	-0,01209
Stoate (australiana)	R^2 (%)	93,72	86,19	88,52
	Syx (%)	18,85	29,91	25,69
	\bar{E} (m^3)	-8,59E-07	-1,74E-07	-1,95E-07
Naslund	R^2 (%)	99,18	94,61	99,06
	Syx (%)	11,13	29,32	11,84
	\bar{E} (m^3)	-1,13698	0,36333	0,34023
Takata	R^2 (%)	92,25	89,04	52,28
	Syx (%)	20,94	26,64	52,39
	\bar{E} (m^3)	0,02068	0,00402	0,02270
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	87,87	96,31	67,46
	Syx (%)	21,39	28,38	48,47
	\bar{E} (m^3)	0,00212	0,01673	0,01309
Meyer	R^2 (%)	95,37	85,87	85,4
	Syx (%)	16,2	30,26	28,98
	\bar{E} (m^3)	-6,33E-07	-3,89E-07	1,80E-07

TABELA 21 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume total sem casca.

Modelos	Medidas de precisão	Campo do Meio	Passos	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	91,79	89,61	84,95
	Syx (%)	22,39	25,77	30,66
	\bar{E} (m^3)	-5,34E-08	-2,81E-08	9,16E-09
Brenac	R^2 (%)	95,88	96,22	74,33
	Syx (%)	23,03	25,88	37,02
	\bar{E} (m^3)	0,01269	0,00484	0,00629
Spurr	R^2 (%)	92,48	88,9	66,75
	Syx (%)	21,43	26,64	45,58
	\bar{E} (m^3)	-5,30E-07	1,76E-07	-2,01E-07
Schumacher-Hall	R^2 (%)	93,02	89,53	87,88
	Syx (%)	20,66	25,87	27,52
	\bar{E} (m^3)	-0,00065	0,00411	-0,00074
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	94,71	95,34	87,33
	Syx (%)	23,01	28,89	28,29
	\bar{E} (m^3)	-0,00569	0,01385	0,00279
Honner	R^2 (%)	92,83	86,21	62,87
	Syx (%)	20,93	29,68	48,17
	\bar{E} (m^3)	-0,00545	0,02443	0,02049
Ogaya	R^2 (%)	94,14	88,06	82,82
	Syx (%)	18,93	27,63	32,77
	\bar{E} (m^3)	-0,01587	-0,01290	-0,01003
Stoate (australiana)	R^2 (%)	93,53	86,81	88,57
	Syx (%)	19,88	29,03	26,73
	\bar{E} (m^3)	1,09E-06	-3,75E-07	1,14E-07
Naslund	R^2 (%)	99,14	94,88	98,55
	Syx (%)	11,56	28,49	14,92
	\bar{E} (m^3)	-1,07040	0,27531	0,23079
Takata	R^2 (%)	91,94	89,71	56,19
	Syx (%)	22,2	25,64	52,33
	\bar{E} (m^3)	0,01828	0,00288	0,01737
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	86,83	95,8	68,02
	Syx (%)	22,85	27,33	49
	\bar{E} (m^3)	0,00425	0,01393	0,00963
Meyer	R^2 (%)	95,51	86,75	88,21
	Syx (%)	16,56	29,1	27,15
	\bar{E} (m^3)	-4,85E-07	4,36E-08	1,77E-07

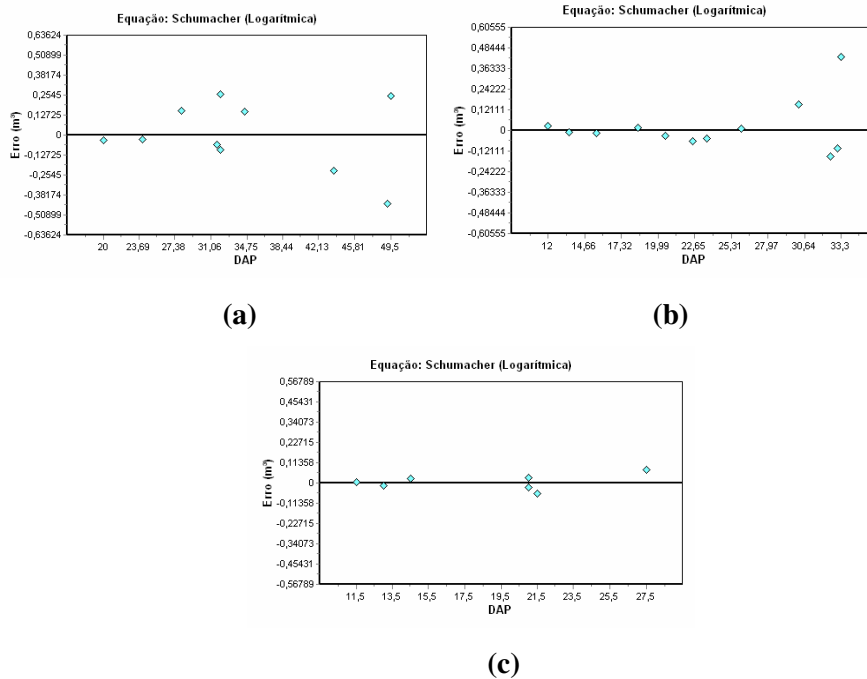


FIGURA 20 Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume total com casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c).

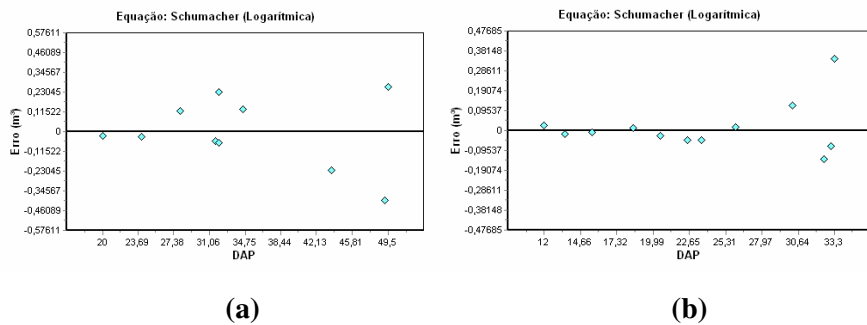
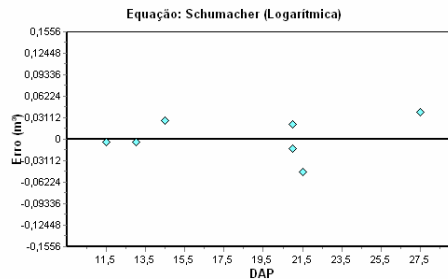


FIGURA 21 Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume total sem casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c). (...continua...)

FIGURA 21, Cont.



(c)

Scolforo et al. (1993), estimando o volume total para o angico, na bacia do rio Jequitinhonha, encontraram valores de R^2 em torno de 99%, para o modelo de Schumacher e Hall e distribuições de resíduos homogêneas.

CETEC (1995), determinando equações volumétricas para florestas nativas de Minas Gerais, encontrou, para a fisionomia Cerrado, valores de R^2 , para o modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, próximos a 96% para a variável volume total com casca.

Os valores encontrados por estes autores são coerentes com os encontrados neste estudo, para os municípios de Campo do Meio e Passos. Porém, para o município de Uberaba, o valor de R^2 encontrado foi inferior a estes, devido ao fato de, para este município, terem sido cubadas apenas sete árvores, o que pode ter interferido no ajuste.

4.1.2 Volume de fuste

Analisando-se as medidas de precisão de todas as equações, observa-se, pelos dados das Tabelas 22 e 23, que, assim como para a variável volume total, também para as variáveis volume de fuste com e sem casca, a equação referente ao modelo de Naslund foi a que apresentou os maiores valores de coeficiente de determinação ajustado (próximo a 98%, para Campo do Meio; 87%, para Passos

e 92%, para Uberaba). Todavia, este modelo proporcionou estimativas negativas para estas variáveis, nos três municípios estudados, além de ter apresentado multicolinearidade.

Já o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou valores de R^2 superiores a 95%, para o município de Campo do Meio; próximos a 70%, para o município de Passos e inferiores a 41%, para o município de Uberaba. Para os três municípios, os erros padrões residuais ficaram entre 22% e 42%, mas suas distribuições gráficas foram sempre as mais homogêneas (Figuras 22 e 23).

TABELA 22 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume de fuste com casca.

Modelos	Medidas de precisão	Campo do Meio	Passos	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	90,35	42,9	34,48
	Syx (%)	25,73	49,17	30,54
	\bar{E} (m^3)	-2,86E-08	-2,55E-08	7,57E-09
Brenac	R^2 (%)	93,28	48,25	33,74
	Syx (%)	25,98	50,1	30,8
	\bar{E} (m^3)	0,01408	0,01401	0,00269
Spurr	R^2 (%)	95,45	53,69	25,36
	Syx (%)	17,66	44,28	32,6
	\bar{E} (m^3)	7,07E-07	2,37E-07	1,58E-07
Schumacher-Hall	R^2 (%)	94,68	59,58	43,03
	Syx (%)	19,09	41,37	28,48
	\bar{E} (m^3)	0,00452	0,00326	-8,57E-05
Schumacher-Hall (logaritmica)	R^2 (%)	95,11	67,69	33,58
	Syx (%)	21,54	42,99	30,01
	\bar{E} (m^3)	0,01356	0,00980	0,00250
Honner	R^2 (%)	88,54	45,04	18,8
	Syx (%)	28,04	48,24	34
	\bar{E} (m^3)	0,06457	0,01558	0,00244
Ogaya	R^2 (%)	95,64	48,46	18,15
	Syx (%)	17,29	46,71	34,14
	\bar{E} (m^3)	-0,00356	0,01671	0,00756

...continua...

TABELA 22, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	94,33	57,74	75,48
	Syx (%)	19,73	42,3	18,69
	\bar{E} (m ³)	-8,66E-07	-3,38E-07	4,78E-08
Naslund	R ² (%)	98,8	86,95	93,73
	Syx (%)	13,87	42,56	26,52
	\bar{E} (m ³)	-0,64582	0,09796	-0,09143
Takata	R ² (%)	95,36	46,54	2,51
	Syx (%)	17,84	47,57	37,26
	\bar{E} (m ³)	0,00683	0,02573	0,00631
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	93,21	56,15	40,68
	Syx (%)	18,53	46,52	31,39
	\bar{E} (m ³)	0,01531	0,01436	0,00293
Meyer	R ² (%)	91,85	59,1	91,98
	Syx (%)	23,65	41,61	10,69
	\bar{E} (m ³)	-4,98E-07	-3,21E-07	-1,83E-07

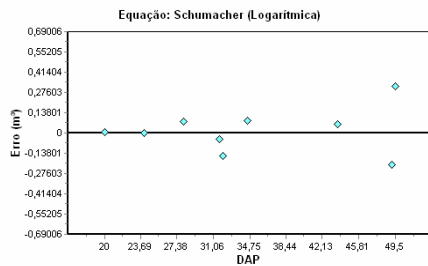
TABELA 23 Valores de coeficiente de determinação (R²), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (\bar{E}), em m³, dos modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável volume de fuste sem casca.

Modelos	Medidas de precisão	Campo do Meio	Passos	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R ² (%)	90,81	44,61	34,83
	Syx (%)	26,22	48,35	33,29
	\bar{E} (m ³)	4,64E-08	4,38E-09	2,91E-09
Brenac	R ² (%)	94,81	49,14	50,77
	Syx (%)	26,3	49,25	33,41
	\bar{E} (m ³)	0,01120	0,01139	0,00173
Spurr	R ² (%)	95,4	55,57	21,5
	Syx (%)	18,55	43,3	36,54
	\bar{E} (m ³)	1,06E-06	-3,87E-07	2,39E-07
Schumacher-Hall	R ² (%)	94,81	63,43	34,98
	Syx (%)	19,7	39,28	33,25
	\bar{E} (m ³)	0,00457	0,00300	-0,00016
Schumacher-Hall (logarítmica)	R ² (%)	95,87	70,54	40,35
	Syx (%)	22,79	41,01	35,48
	\bar{E} (m ³)	0,01239	0,00750	0,00177
Honner	R ² (%)	85,9	47,75	18,09
	Syx (%)	32,48	46,95	37,32
	\bar{E} (m ³)	0,07271	0,01193	0,00211

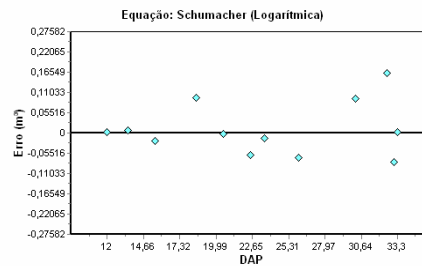
...continua ...

TABELA 23, Cont.

Ogaya	R ² (%)	95,49	50,97	18,15
	Syx (%)	18,38	45,48	37,31
	\bar{E} (m ³)	-0,00790	0,01414	0,00483
Stoate (australiana)	R ² (%)	94,71	61,92	68,09
	Syx (%)	19,9	40,08	23,3
	\bar{E} (m ³)	-5,96E-07	-1,59E-07	1,25E-09
Naslund	R ² (%)	98,91	88,25	91,05
	Syx (%)	13,44	40,36	32,03
	\bar{E} (m ³)	-0,61458	0,07139	-0,05586
Takata	R ² (%)	95,46	48,56	4,07
	Syx (%)	18,44	46,59	40,39
	\bar{E} (m ³)	0,00750	0,02120	0,00459
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	92,85	56,87	45,54
	Syx (%)	19,3	45,6	35,69
	\bar{E} (m ³)	0,01490	0,01178	0,00217
Meyer	R ² (%)	92,81	64,52	91,3
	Syx (%)	23,19	38,69	12,17
	\bar{E} (m ³)	2,29E-07	4,31E-07	7,50E-08



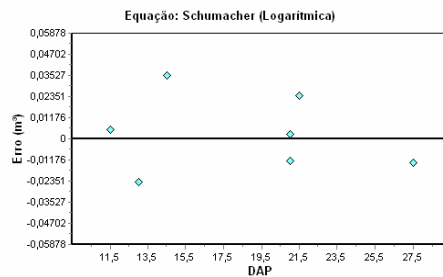
(a)



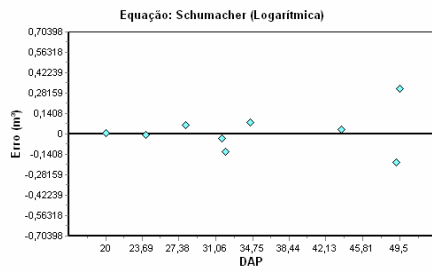
(b)

FIGURA 22 Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado, para a variável volume de fuste com casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c). (...continua...)

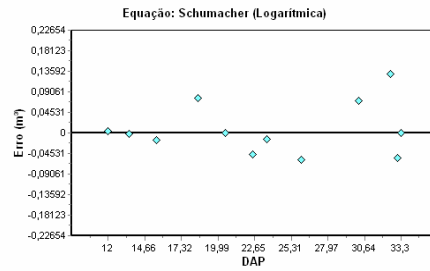
FIGURA 22, Cont.



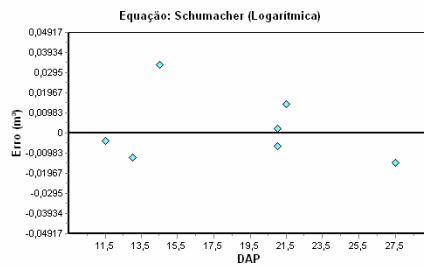
(c)



(a)



(b)



(c)

FIGURA 23 Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logarítmico, para a variável volume de fuste sem casca, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c).

Os valores de R^2 encontrados neste estudo, para o município de Campo do Meio, são compatíveis com outros resultados obtidos para outras formações naturais no Brasil e para as mesmas variáveis independentes. Belchior (1996), trabalhando numa mata secundária em Minas Gerais, encontrou valores de coeficiente de determinação (R^2), para os modelos de Schumacher e Hall logaritimizado, em torno de 96%.

Silva & Carvalho (1984), trabalhando com dados de uma floresta no planalto do Tapajós no Pará, encontraram, para o modelo de Schumacher e all logaritimizado, um valor de 98,4%, para estimativas de volume de fuste com casca. Já para estimativas de volume do fuste sem casca, estes mesmos autores encontraram, para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado, valor de R^2 de 95,3%.

CETEC (1995), determinando equações para as variáveis volume de fuste com e sem casca, na fisionomia Cerrado, encontrou, para a variável volume de fuste com casca, valores de R^2 próximos a 96%, para os modelos de Schumacher e Hall logaritimizado. Já para a variável volume de fuste sem casca, encontrou, para este mesmo modelo, valores de R^2 próximos a 93%.

Os valores referentes aos municípios de Passos e Uberaba são bem inferiores aos citados nestes estudos, principalmente para o município de Uberaba. Isso pode ser devido ao pouco número de árvores amostras utilizadas para representar este município, o que pode ter acarretado em alta heterogeneidade.

4.1.3 Peso de matéria seca

Na Tabela 24 são apresentados os valores das medidas de precisão dos doze modelos ajustados para a variável dependente peso de matéria seca do angico-vermelho, nos três municípios de estudo na bacia do rio Grande.

Pode-se observar, pelos dados desta mesma Tabela, que as equações relacionadas ao modelo de Naslund foram as que apresentaram os maiores valores de coeficiente de determinação (superiores a 99%), para os municípios de Campo do meio e Uberaba. Estas equações apresentaram também, nestes municípios, os menores valores de erro padrão residual (inferiores a 10%). Entretanto, como já citado anteriormente, este modelo proporcionou estimativas negativas e existe autocorrelação entre os erros do mesmo.

Já o modelo de Schumacher e Hall logarítmico apresentou valores de coeficiente de determinação superiores a 92%, nos três municípios, valores de erro padrão residual satisfatórios (entre 22% e 32%) e as suas análises gráficas de resíduos mostraram-se entre as mais homogêneas encontradas (Figura 24).

Santos (1996), analisando modelos de regressão para estimar a fitomassa de uma floresta tropical úmida na Amazônia, encontrou valores de R^2 próximos a 98%, para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado e concluiu, ainda, que, de todos os modelos estudados, os logarítmicos foram os que produziram melhores resultados para peso seco total, de tronco e de copa.

Os valores de erro padrão residual encontrados neste estudo são compatíveis com os encontrados por Camolesi (2007), quando selecionava modelos para estimar o peso seco de candeia. Este autor encontrou valores de S_{yx} entre 20% e 28%.

TABELA 24 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e a média dos erros (\bar{E}), em toneladas, de todos os modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável peso de matéria seca.

Modelos	Medidas de precisão	Campo do Meio	Passos	Uberaba
Hohenadl – Krenm	R^2 (%)	90,85	87,63	86,81
	Syx (%)	23,1	28,98	28,2
	\bar{E} (t)	3,35E-08	-1,40E-08	8,79E-09
Brenac	R^2 (%)	95,05	96,59	79,41
	Syx (%)	24,13	28,95	29,79
	\bar{E} (t)	0,01238	0,00557	0,00476
Spurr	R^2 (%)	94,21	86,16	67,48
	Syx (%)	18,37	30,66	44,28
	\bar{E} (t)	-8,40E-07	1,17E-07	8,99E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	93,82	88,41	91,28
	Syx (%)	18,98	28,06	22,93
	\bar{E} (t)	-0,00090	0,00653	-0,00247
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	94,99	95,37	91,93
	Syx (%)	21,24	32,03	24,33
	\bar{E} (t)	-0,00646	0,01573	0,00286
Honner	R^2 (%)	92,47	82,12	66,41
	Syx (%)	20,95	34,84	45
	\bar{E} (t)	0,05552	0,03221	0,01819
Ogaya	R^2 (%)	95,25	84,98	85,74
	Syx (%)	16,64	31,93	29
	\bar{E} (t)	-0,00370	-0,01889	-0,01016
Stoate (australiana)	R^2 (%)	93,42	84,45	93
	Syx (%)	19,59	32,49	20,48
	\bar{E} (t)	-3,71E-07	1,20E-07	-1,81E-07
Naslund	R^2 (%)	99,27	93,74	99,51
	Syx (%)	10,49	31,86	8,64
	\bar{E} (t)	-0,83132	0,30633	0,19774
Takata	R^2 (%)	93,96	86,22	54,99
	Syx (%)	18,76	30,59	52,1
	\bar{E} (t)	0,00898	0,018875	0,0167
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	91,72	95,74	69,45
	Syx (%)	19,49	31,21	48,38
	\bar{E} (t)	-0,00255	0,01528	0,00959
Meyer	R^2 (%)	92,49	85,74	90,8
	Syx (%)	20,92	31,12	23,56
	\bar{E} (t)	-5,00E-07	-1,82E-07	-5,88E-08

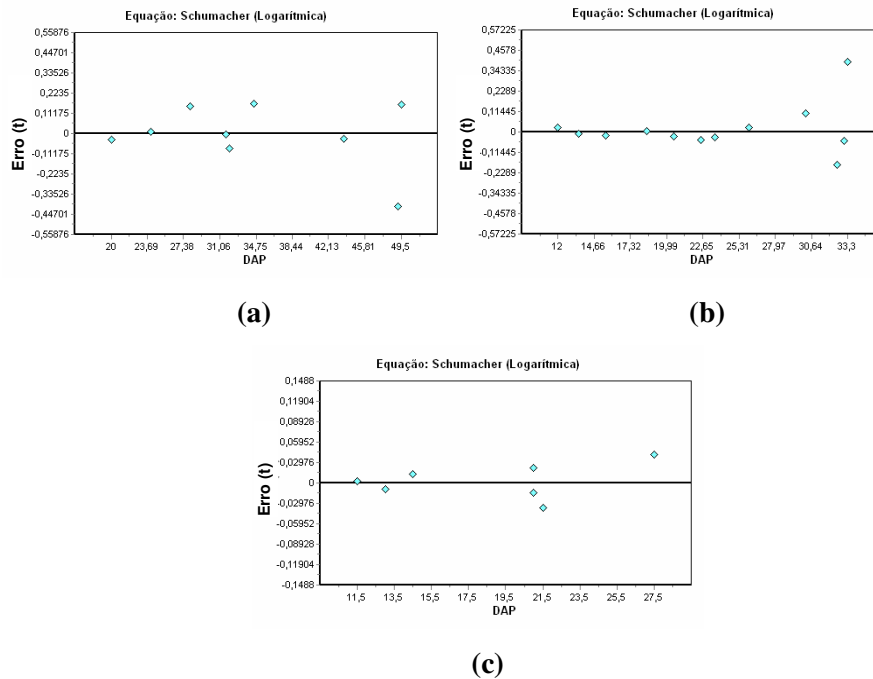


FIGURA 24 Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmizado para a variável peso de matéria seca, nos municípios Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c).

4.1.4 Tanino

As medidas de precisão (R^2 e Syx) e o somatório dos erros dos doze modelos testados com a variável dependente tanino estão apresentados na Tabela 25. Os dados desta Tabela mostram que, de todos os modelos testados, o modelo de Naslund foi o que apresentou o maior valor de coeficiente de determinação para os três municípios estudados. Entretanto, este modelo forneceu estimativas negativas da variável tanino e apresentou multicolinearidade, além de possuir quatro variáveis independentes, acarretando em valores altos de coeficiente de determinação, pois, quanto mais variáveis independentes e quanto maior o tamanho da amostra, menor será o grau de liberdade e maior será o R^2 . Os dados da Tabela 25 demonstram, ainda, que todos os outros modelos apresentaram valores baixos de R^2 , mostrando que as variáveis independentes desses modelos

não estão explicando, de maneira satisfatória, as variações da variável dependente. Mas, apresentaram baixos valores de erro padrão residual, mostrando que a variabilidade encontrada nas árvores amostras foi pequena.

Quanto à distribuição gráfica de resíduos, o modelo de Schumacher e Hall em sua forma logaritmizada foi o que se apresentou melhor, pois modelo forneceu a distribuição mais homogênea e uniforme, nos três municípios (Figura 25). Este modelo apresentou também valores de soma de resíduos tendendo a zero, o que garante melhores estimativas.

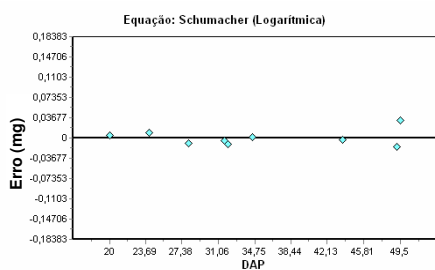
TABELA 25 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e a média dos erros (\bar{E}), em mg, de todos os modelos ajustados, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, para a variável tanino.

Modelos	Medidas de precisão	Campo do Meio	Passos	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	20,75	59,46	42,75
	Syx (%)	10,95	13,11	6,58
	\bar{E} (mg)	-9,85E-09	1,15E-08	1,10E-08
Brenac	R^2 (%)	11,96	57,63	43,47
	Syx (%)	11,49	12,01	6,55
	\bar{E} (mg)	0,00051	0,00108	0,00017
Spurr	R^2 (%)	40,4	29,2	33,2
	Syx (%)	9,5	17,33	7,11
	\bar{E} (mg)	1,10E-06	3,08E-07	-4,45E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	16,17	7,69	77,86
	Syx (%)	11,26	19,78	4,09
	\bar{E} (mg)	0,00002	0,00013	-2,34E-07
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	14,04	1,75	78
	Syx (%)	11,35	19,99	4,09
	\bar{E} (mg)	0,00050	0,00275	7,14E-05
Honner	R^2 (%)	0	0	0
	Syx (%)	55,29	36,76	37,58
	\bar{E} (mg)	-0,00283	-0,00091	-0,00091
Ogaya	R^2 (%)	0	0	0
	Syx (%)	43,17	33,92	44,61
	\bar{E} (mg)	0,01783	0,01563	0,02357
Stoate (australiana)	R^2 (%)	57,72	51,86	79,23
	Syx (%)	8	14,29	3,96
	\bar{E} (mg)	-1,27E-06	3,37E-07	-5,48E-08

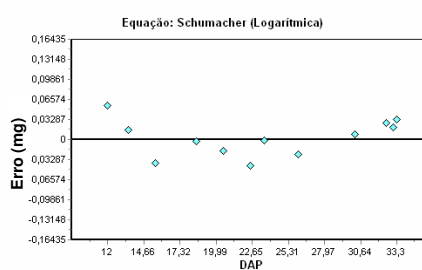
...continua...

TABELA 25, Cont.

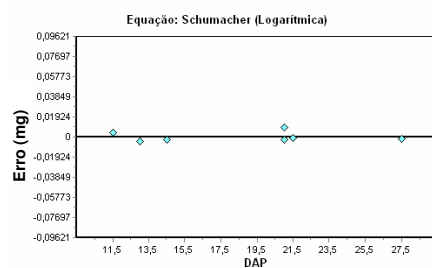
Naslund	R^2 (%)	91,68	98,35	99,77
	Syx (%)	29,04	13,09	4,76
	\bar{E} (mg)	0,03703	0,36039	0,09176
Takata	R^2 (%)	-	23,45	-
	Syx (%)	-	18,02	-
	\bar{E} (mg)	-	0,00669	-
Spurr (logarítmica)	R^2 (%)	18,03	6,81	38,27
	Syx (%)	11,04	19,45	6,84
	\bar{E} (mg)	0,00055	0,00289	0,00023
Meyer	R^2 (%)	57,52	62,7	53,94
	Syx (%)	8,02	12,58	5,9
	\bar{E} (mg)	-6,26E-07	5,04E-07	7,25E-08



(a)



(b)



(c)

FIGURA 25 Gráficos de distribuição de resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritimizado para a variável tanino, nos municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c).

Os baixos valores de coeficiente de determinação encontrados neste trabalho mostram que as variáveis independentes não estão explicando de maneira satisfatória as variações da variável dependente. Entretanto, os valores baixos dos erros padrões residuais mostram que a variabilidade da amostra estudada é baixa.

Scolforo et al. (2004) encontraram valores de R^2 bem maiores (em torno de 90%) para o modelo de Schumacher e Hall quando este estimava a quantidade de óleo nas árvores de candeia. Santos (1996), analisando modelos de regressão para estimar a fitomassa em uma floresta tropical, concluiu que, de todos os modelos estudados, os logarítmicos foram os que produziram melhores resultados para o peso seco.

Os gráficos de tendência da estimativa do modelo de Schumacher e Hall logarítmico são mostrados na Figura 26. Observa-se que a tendência do modelo de Schumacher e Hall logaritmicado em estimar o teor de tanino nos três municípios é boa. Portanto, este modelo pode ser utilizado para estimar o teor de tanino do angico-vermelho, nestes três municípios. Por meio desta figura explica-se também o menor valor de R^2 , pois a pequena inclinação da curva mostra que, para os diferentes diâmetros, há pouca variação no teor de tanino.

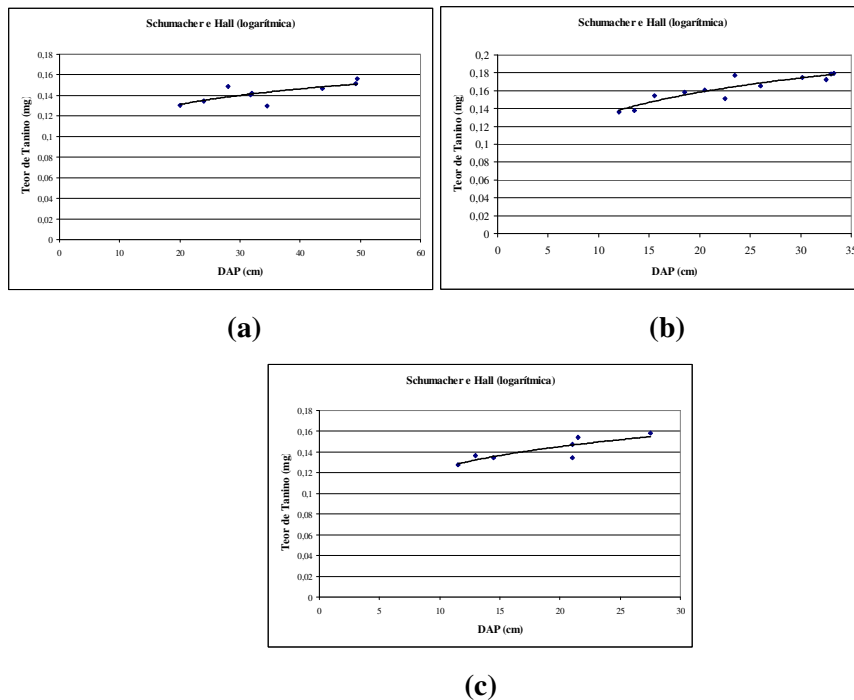


FIGURA 26 Tendência da estimativa do teor de tanino pela equação logarítmica de Schumacher e Hall, em relação ao Dap (diâmetro medido a 1,30m de altura), para os municípios de Campo do Meio (a), Passos (b) e Uberaba (c).

4.2 Teste de identidade de modelos

As equações específicas para cada um dos três municípios da bacia do rio Grande estudados neste trabalho, oriundas do modelo de Schumacher e Hall logarítmico, foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo o município e para as variáveis volume total, volume de fuste, peso de matéria seca e teor de tanino. O teste de identidade foi realizado segundo o método proposto por Graybill (1976).

Para que exista identidade entre modelos, o valor da probabilidade de F deve ser maior ou igual ao nível de significância $\alpha = 0,05$, em todos os três testes (identidade, nível e forma), ou seja, os testes devem ser não significativos.

4.2.1 Volume total e de fuste

Conforme se observa nos dados da Tabela 26, tanto para o volume total com casca quanto para o volume total sem casca, não existe similaridade entre os três municípios Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3) e também em nenhuma combinação possível destes. Portanto, não existe identidade entre modelos, para os três municípios.

TABELA 26 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VTcc	1 2 3	Identidade	0,007	S
	1 2 3	Nível	0,0023	S
	1 2 3	Forma	0,0024	S
	2 3	Identidade	0,0694	S
	2 3	Nível	0,1254	NS
	2 3	Forma	0,0634	S
	1 3	Identidade	0,0084	S
	1 3	Nível	0,0036	S
	1 3	Forma	0,0037	S
	1 2	Identidade	0,0585	S
	1 2	Nível	0,173	NS
	1 2	Forma	0,0266	S
VTsc	1 2 3	Identidade	0,0044	S
	1 2 3	Nível	0,002	S
	1 2 3	Forma	0,0015	S
	2 3	Identidade	0,0453	S
	2 3	Nível	0,0984	NS
	2 3	Forma	0,0438	S
	1 3	Identidade	0,0089	S
	1 3	Nível	0,0043	S
	1 3	Forma	0,0039	S
	1 2	Identidade	0,0368	S
	1 2	Nível	0,1575	NS
	1 2	Forma	0,0163	S

Já na Tabela 27 estão apresentados os valores de probabilidade de F dos três testes analisados (identidade, nível e forma), para os municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), juntos, e suas possíveis combinações, para as variáveis volume de fuste, com e sem casca.

Por meio desta tabela pode-se observar que, assim como para o volume total, também para o volume de fuste, tanto com casca quanto sem casca, não houve identidade entre os três municípios e entre nenhuma das combinações possíveis.

TABELA 27 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VFcc	1 2 3	Identidade	0,0001	S
	1 2 3	Nível	0,0011	S
	1 2 3	Forma	0,0004	S
	2 3	Identidade	0,1793	NS
	2 3	Nível	0,046	S
	2 3	Forma	0,0983	NS
	1 3	Identidade	0,0203	S
	1 3	Nível	0,009	S
	1 3	Forma	0,0091	S
VFsc	1 2	Identidade	0,0006	S
	1 2	Nível	0,0715	NS
	1 2	Forma	0,0017	S
	1 2 3	Identidade	0,0001	S
	1 2 3	Nível	0,0012	S
	1 2 3	Forma	0,0003	S
	2 3	Identidade	0,1211	NS
	2 3	Nível	0,0336	S
	2 3	Forma	0,0678	NS
VFsc	1 3	Identidade	0,0211	S
	1 3	Nível	0,01	S
	1 3	Forma	0,0095	S
	1 2	Identidade	0,0006	S
	1 2	Nível	0,0669	NS
	1 2	Forma	0,0015	S

Portanto, deverá ser utilizada uma equação de Schumacher e Hall logarítmica que estime os volumes total e de fuste, com e sem casca, do angico-vermelho para representar cada município. As equações referentes a cada um destes municípios, para cada uma destas variáveis, estão apresentadas na Tabela 28, juntamente com suas medidas de precisão.

TABELA 28 Equações selecionadas para cada município, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m³), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc) e volume de fuste com (VFcc) sem casca (VFsc).

Variáveis	Muni- cípios	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)	Ē (m ³)	Equação
Volume com casca (m ³)	Campo do Meio (1)	94,50	0,248	21,38	-0,007	Ln(VTcc) = -9,8975713849 + 2,7164373161 * Ln(Dap) + 0,0882849688 * Ln(H)
		95,11	0,179	21,54	0,014	Ln(VFcc) = -9,9113982016 + 2,3255829326 * Ln(Dap) + 0,4361088574 * Ln(H)
	-	-	-	-	-	Vgalhos cc = VTcc _(est) - VFcc _(est)
	Passos (2)	95,90	0,167	29,66	0,017	Ln(VTcc) = -10,5327232769 + 2,244088663 * Ln(Dap) + 0,9490719248 * Ln(H)
		67,69	0,081	42,99	0,009	Ln(VFcc) = -14,4788075119 + 0,2265599352 * Ln(Dap) + 4,2425051871 * Ln(H)
	-	-	-	-	-	Vgalhos cc = VTcc _(est) - VFcc _(est)
Uberaba (3)	86,60	0,054	29,97	0,005	Ln(VTcc) = -4,8015431555 + 2,6273323906 * Ln(Dap) - 1,8676020456 * Ln(H)	
	33,58	0,026	30,01	0,003	Ln(VFcc) = -4,7331041649 + 1,1946796241 * Ln(Dap) - 0,4831747194 * Ln(H)	
-	-	-	-	-	Vgalhos cc = VTcc _(est) - VFcc _(est)	

...continua...

TABELA 28, Cont.

Volume sem casca (m ³)	Campo do Meio (1)	94,70	0,230	23,01	-0,006	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,4900583848 +$ $2,896294075 * \text{Ln}(\text{Dap}) +$ $0,0157758423 * \text{Ln}(\text{H})$
		95,87	0,165	22,79	0,012	$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -10,6016302617 +$ $2,5333186203 * \text{Ln}(\text{Dap}) +$ $0,3651263805 * \text{Ln}(\text{H})$
		-	-	-	-	$\text{Vgalhos sc} = \text{VTsc}_{(\text{est})} - \text{VFsc}_{(\text{est})}$
	Passos (2)	95,30	0,135	28,89	0,014	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -11,0986128435 +$ $2,1798432836 * \text{Ln}(\text{Dap}) +$ $1,1540097449 * \text{Ln}(\text{H})$
		70,54	0,064	41,01	0,008	$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -15,2326529301 +$ $0,1736787961 * \text{Ln}(\text{Dap}) +$ $4,5012952768 * \text{Ln}(\text{H})$
		-	-	-	-	$\text{Vgalhos sc} = \text{VTsc}_{(\text{est})} - \text{VFsc}_{(\text{est})}$
	Uberaba (3)	87,30	0,036	28,29	0,003	$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -5,531652586 +$ $2,9304965447 * \text{Ln}(\text{Dap}) -$ $2,0766106936 * \text{Ln}(\text{H})$
		40,35	0,021	35,48	0,002	$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -5,4972952175 +$ $1,3820538334 * \text{Ln}(\text{Dap}) -$ $0,562503739 * \text{Ln}(\text{H})$
		-	-	-	-	$\text{Vgalhos sc} = \text{VTsc}_{(\text{est})} - \text{VFsc}_{(\text{est})}$

4.2.2 Peso de matéria seca

Encontram-se, na Tabela 29, os valores de probabilidade de F dos testes de identidade, nível e forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para a variável peso de matéria seca. Analisando-se esta Tabela, pode-se observar que os municípios de Passos e Uberaba são similares, assim como os municípios de Campo do Meio e Passos, pois estas combinações foram não significativas para os três testes.

Sendo assim, a combinação 1 2 (Campo do Meio e Passos) foi escolhida com uma única equação de Schumacher e Hall logarítmica para representar estes dois municípios na estimativa do peso de matéria seca do angico-vermelho. E o município de Uberaba tem uma equação diferente (Tabela 30).

Camolesi (2007), testando a identidade entre modelos para estimar o peso de matéria seca da candeia, em três municípios de Minas Gerais, encontrou similaridade entre os municípios de Delfim Moreira e Airuoca.

TABELA 29 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para a variável peso de matéria seca (PS).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
PS	1 2 3	Identidade	0,0156	S
	1 2 3	Nível	0,0038	S
	1 2 3	Forma	0,0053	S
	2 3	Identidade	0,0618	NS
	2 3	Nível	0,1621	NS
	2 3	Forma	0,0644	NS
	1 3	Identidade	0,012	S
	1 3	Nível	0,0046	S
	1 3	Forma	0,0053	S
	1 2	Identidade	0,1376	NS
	1 2	Nível	0,2003	NS
	1 2	Forma	0,0693	NS

TABELA 30 Equações selecionadas para as combinações, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem e erro padrão residual, em porcentagem e em m³), para a variável peso de matéria seca (PS) do angico-vermelho.

Variável	Combinações	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)	Ē (t)	Equação
PS	1 2	94,5	0,1983	28,79	0,0016	$\text{Ln(PS)} = -9,341381587 + 2,27623091 * \text{Ln(Dap)} + 0,3954337202 * \text{Ln(H)}$
	3	91,93	0,03159	24,33	0,0029	$\text{Ln(PS)} = -5,1733249886 + 2,8278563823 * \text{Ln(Dap)} - 2,0882060533 * \text{Ln(H)}$

4.2.3 Tanino

Os valores de probabilidade de F, para os testes de identidade, de nível e de forma da variável tanino, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), encontram-se na Tabela 31.

Os testes de identidade, nível e forma foram não significativos para todas as combinações possíveis destes três municípios, ou seja, existe similaridade entre os municípios de Campo do Meio, Passo e Uberaba, entre Passos e Uberaba, entre Campo do Meio e Uberaba e entre Campo do Meio e Passos, para a variável tanino.

Portanto, apenas uma equação de Schumacher e Hall logarítmica pode ser usada para representar e estimar o teor de tanino destes três municípios. Esta equação está apresentada na Tabela 32, juntamente com suas medidas de precisão.

TABELA 31 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para todas as combinações possíveis dos municípios de Campo do Meio (1), Passos (2) e Uberaba (3), para o tanino.

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
Tanino	1 2 3	Identidade	0,1953	NS
	1 2 3	Nível	0,803	NS
	1 2 3	Forma	0,7993	NS
	2 3	Identidade	0,6507	NS
	2 3	Nível	0,8863	NS
	2 3	Forma	0,9813	NS
	1 3	Identidade	0,1922	NS
	1 3	Nível	0,3818	NS
	1 3	Forma	0,2938	NS
	1 2	Identidade	0,1214	NS
	1 2	Nível	0,6347	NS
	1 2	Forma	0,6371	NS

TABELA 32 Equação selecionada para a combinação 1 2 3, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m³), para a variável tanino do angico-vermelho.

Variável	Combinação	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)	Ē (mg)	Equação
Tanino	1 2 3	0,96	0,0268	17,7	0,002	Ln(Tan) = -2,4235124789 + 0,0273027429 * Ln(Dap) + 0,156747543 * Ln(H)

4.3 Comportamento do volume

Os valores médios de volume de fuste e de volume de galhos até 3 cm de diâmetro com casca, por classe diamétrica, além de suas respectivas porcentagens, estão apresentados na Tabela 33. Por esta Tabela e pela Figura 27, constata-se que, em todos os três municípios estudados, existe tendência de diminuição da porcentagem de fuste e de aumento da porcentagem de galhos em relação ao volume total, à medida que aumentam as classes diamétricas.

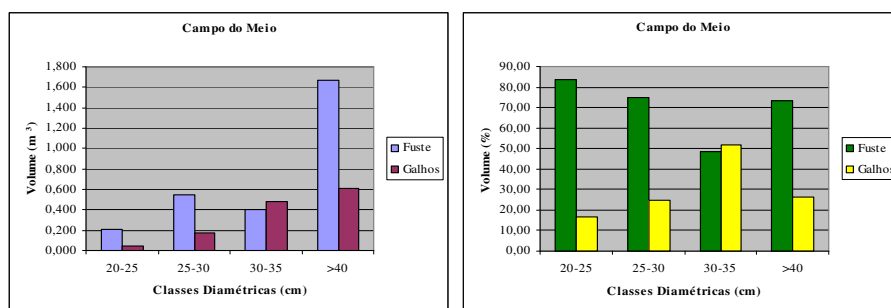
Ainda na Tabela 33, com relação à porcentagem média de fuste e de galhos, observa-se que, para os municípios de Campo do Meio e Uberaba, as árvores de angico-vermelho possuem, em média, mais volume de fuste do que de galhos. Já para o município de Passos, ocorre o contrário.

Felfili (1983) realizou a cubagem rigorosa da copa de árvores de florestas nativas no norte do estado do Mato Grosso e concluiu que o volume de galhos representa cerca de 30% do volume total das árvores daquelas florestas. E Campos et al. (1992), estudando o volume de *Eucalyptus saligna*, em Viçosa, MG, concluíram que o volume médio de madeira da copa em relação ao volume total das árvores foi de 35,5%.

Scolforo et al. (2004) citaram que, em espécies nativas que normalmente crescem em campo aberto, a proporção do volume contido na copa aumenta, à medida em que as árvores ficam maiores. Isto é coerente com a tendência encontrada neste estudo. Já em matas ou em plantios, onde o espaçamento entre as árvores é mais adensado, a proporção entre o volume contido nas copas em relação ao volume contido no fuste é pequena.

TABELA 33 Valores médios de volume de fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca para o angico-vermelho, em metros cúbicos (m³) e em porcentagem (%), para cada classe diamétrica (CLD).

Município	CLD	Volume			
		Fuste		Galhos	
		m ³	%	m ³	%
Campo do Meio	20-25	0,21000	83,52	0,04637	16,48
	25-30	0,54100	75,05	0,17987	24,95
	30-35	0,40555	48,38	0,48039	51,62
	>40	1,66658	73,52	0,60571	26,48
	Média	0,65403	65,62	0,34597	34,38
Passos	10-15	0,09492	82,98	0,01949	17,02
	15-20	0,12537	56,97	0,07430	43,03
	20-25	0,13870	39,01	0,21510	60,99
	25-30	0,14922	24,00	0,47243	76,00
	30-35	0,31507	30,00	0,79999	70,00
	Média	0,33467	45,08	0,66533	54,92
Uberaba	10-15	0,06476	74,67	0,02086	25,33
	20-25	0,10127	57,58	0,08331	42,42
	25-30	0,11720	25,80	0,33711	74,20
	Média	0,48642	60,36	0,51358	39,64

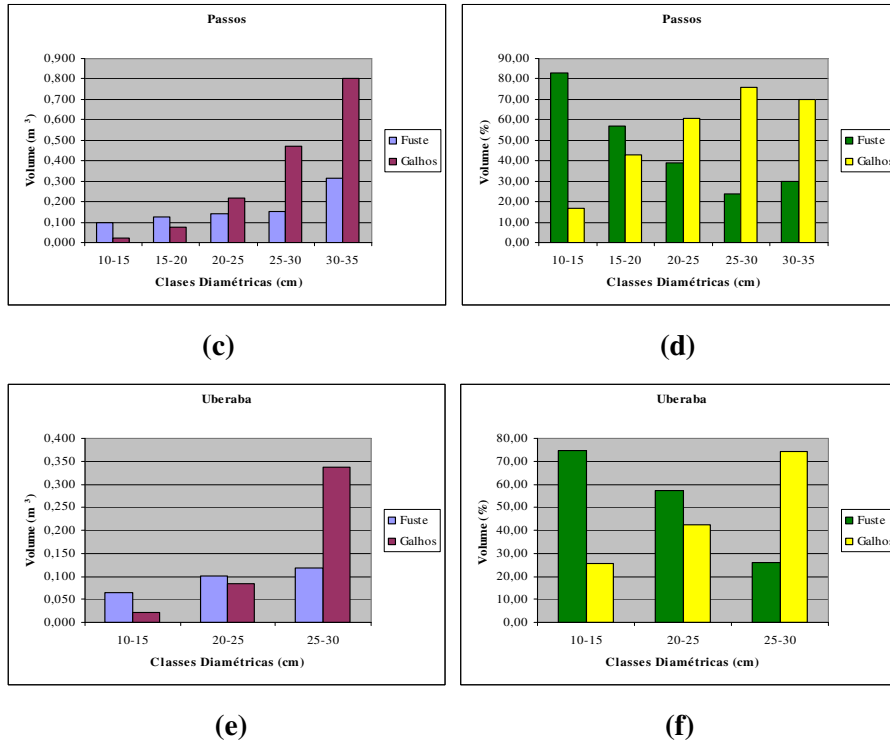


(a)

(b)

FIGURA 27 Gráficos de comportamento do volume no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c) e (e) representam o volume, em metros cúbicos (m³), para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, respectivamente, e (b), (d) e (f) representam o volume, em porcentagem (%), para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba respectivamente. (...continua...)

FIGURA 27, Cont.



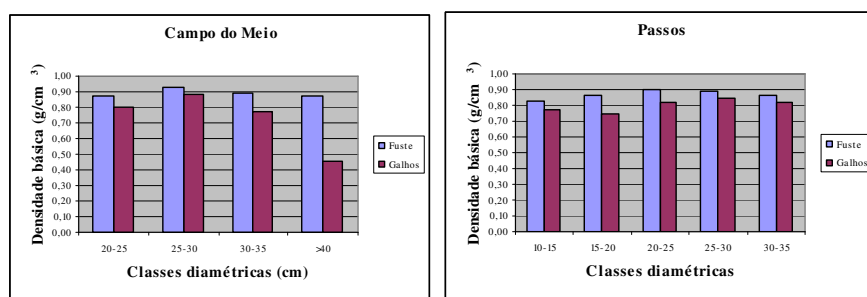
4.4 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca

Os valores médios da densidade básica (g/cm^3), no fuste e nos galhos do angico-vermelho, são apresentados na Tabela 34 e na Figura 28, por classe diamétrica. A faixa de densidade no fuste situa-se entre 0,71 e 0,93 g/cm^3 , com predominância deste valor entre 0,86 e 0,89 g/cm^3 . Já nos galhos, a faixa de densidade varia de 0,45 a 0,88 g/cm^3 e predominam os valores entre 0,80 e 0,85 g/cm^3 .

Para os três municípios estudados, a densidade é maior no fuste do que nos galhos, em todas as classes diamétricas analisadas. E não existe uma tendência clara de diminuição ou de aumento da densidade com o aumento da classe diamétrica, tanto para fuste quanto para galhos.

TABELA 34 Valores médios de densidade básica do fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em g/cm^3 e de peso de matéria seca, em toneladas, para o angico-vermelho, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD).

		Densidade básica (g/cm^3)		
Município	CLD	Fuste	Galhos	Peso seco (t)
Campo do Meio	20-25	0,8765	0,8040	0,2212
	25-30	0,9290	0,8820	0,6559
	30-35	0,8875	0,7773	0,7253
	>40	0,8710	0,4507	1,8253
	Média	0,8845	0,6951	0,9476
Passos	10-15	0,8260	0,7720	0,0919
	15-20	0,8605	0,7445	0,1584
	20-25	0,8960	0,8183	0,2968
	25-30	0,8900	0,8480	0,5321
	30-35	0,8638	0,8180	0,9381
	Média	0,8672	0,8007	0,4730
Uberaba	10-15	0,7110	0,6533	0,0572
	20-25	0,7828	0,6823	0,1843
	25-30	0,8020	0,7030	0,3280
	Média	0,7548	0,6728	0,1503

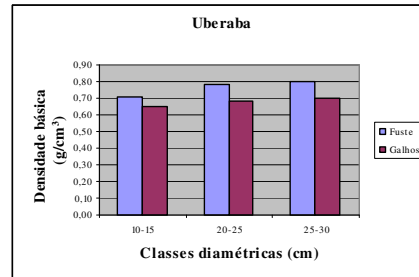


(a)

(b)

FIGURA 28 Gráficos de comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (b) e (c) representam o comportamento da densidade básica g/cm^3 , para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, respectivamente. (...continua...)

FIGURA 28, Cont.



(c)

Os valores de densidade encontrados neste estudo assemelham-se aos citados por Vale et al. (2002). Segundo estes autores, a densidade básica da madeira de espécies do Cerrado apresenta variação de 0,20 a 0,78 g/cm³. Já Burguer & Richter (1991) afirmam que a variação da densidade básica da madeira é de 0,13 a 1,4 g/cm³ e Scolforo et al. (2004), analisando o comportamento da densidade básica da candeia, encontraram variação de 0,60 a 0,78 g/cm³.

Ainda na Tabela 34 encontram-se os valores médios de peso de matéria seca por classe diamétrica, para cada um dos três municípios estudados. Observa-se, por esta Tabela e na Figura 29, que há um acréscimo no peso de matéria seca conforme aumenta a classe diamétrica das árvores. Essa mesma tendência foi observada por Scolforo et al. (2004) e por Camolesi (2007), estudando o comportamento do peso de matéria seca para a candeia.

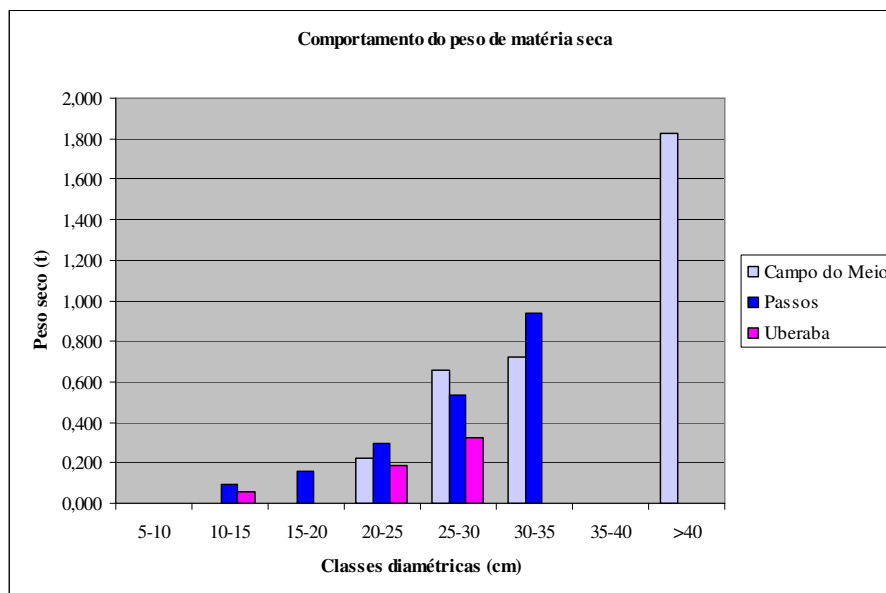


FIGURA 29 Distribuição do peso de matéria seca (t) do angico-vermelho em relação às classes diamétricas (cm), para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba.

4.5 Comportamento do teor de tanino

Os valores médios de Dap (diâmetro medido a 1,30 m de altura), de altura total e de teor de tanino do angico-vermelho, são apresentados na Tabela 35.

Analisando o comportamento do teor de tanino em relação à classe diamétrica para cada município, pode-se observar que, assim como para a variável densidade básica, o teor de tanino não apresenta uma tendência clara de acréscimo ou decréscimo de seu valor com o aumento da classe de diâmetro. Este fato também pode ser observado na Figura 30.

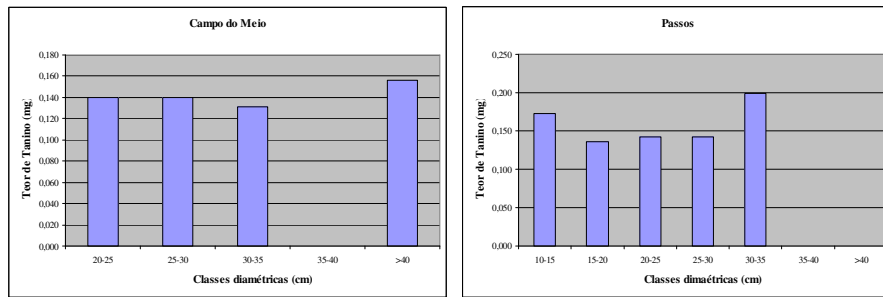
O município de Campo do Meio possui valores bem próximos nas classes de 20-25 a 30-35 (próximos a 0,140 mg) e, na última classe, o teor de tanino aumenta 1,11 vez. Já no município de Passos, as árvores presentes nas classes de diâmetro de 10-15 e maiores de 40 cm apresentam entre 1,30 e 1,50

vez mais teor de tanino do que árvores com valores intermediários de diâmetro. Para o município de Uberaba, há um acréscimo do teor de tanino à medida em que aumentou a classe diamétrica das árvores; o teor de tanino presente em árvores com diâmetro entre 25-30 cm é 1,20 vez maior do que as árvores com diâmetros entre 10-15cm.

Os valores de teor de tanino encontrados neste estudo, para o angico-vermelho, são superiores aos encontrados por Caldeira et al. (1998), quando quantificaram o teor de tanino da acácia-negra. Estes autores encontraram teores variando de 11% a 13,40%, enquanto o angico-vermelho apresentou de 13% a 20% de teor de tanino neste estudo.

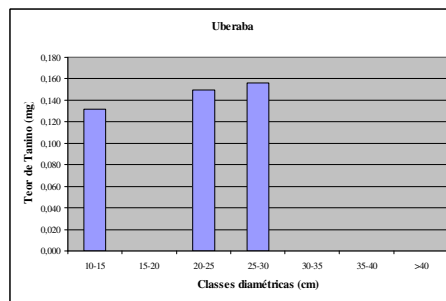
TABELA 35 Informações médias por classe de diâmetro, do diâmetro, em centímetros, medido a 1,30m de altura (Dap), da altura total em metros (H) e do teor de tanino (Tan), em miligrama do angico-vermelho, para os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba.

		Classes diamétricas (cm)							
		5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	>40
Campo do Meio	Dap (cm)	-	-	-	22,00	28,00	32,55	-	47,47
	H (m)	-	-	-	13,25	24,00	15,43	-	24,95
	Tan (mg)	-	-	-	0,140	0,140	0,131	-	0,156
Passos	Dap (cm)	-	12,75	17,00	22,17	26,00	32,25	-	-
	H (m)	-	15,00	14,68	16,53	17,80	18,50	-	-
	Tan (mg)	-	0,173	0,136	0,142	0,142	0,199	-	-
Uberaba	Dap (cm)	-	13,00	-	22,75	27,50	-	-	-
	H (m)	-	10,93	-	13,61	13,60	-	-	-
	Tan (mg)	-	0,132	-	0,149	0,156	-	-	-



(a)

(b)



(c)

FIGURA 30 Gráficos de comportamento do teor de tanino (mg) em relação às diferentes classes diamétricas (cm), em que (a), (b) e (c) representam os municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

- O modelo de Schumacher e Hall logaritimizado foi o melhor modelo para se fazer estimativas volumétricas, de peso de matéria seca e de produção de tanino, em Campo do Meio, Passos e Uberaba.
- O teste de identidade entre modelos mostrou que não existe similaridade entre nenhum dos três municípios para as variáveis volume total e volume de fuste, com e sem casca.
- Para o peso de matéria seca, o teste de identidade indicou a possibilidade de agrupamento dos municípios de Campo do Meio e Passos.
- Existe identidade entre os três municípios estudados, em relação ao teor de tanino.
- Para os três municípios estudados, existe tendência de diminuição da porcentagem de fuste e de aumento da porcentagem de galhos, à medida que aumentam as classes diamétricas.
- A densidade básica apresentou o mesmo comportamento nos três municípios, sendo esta maior no fuste do que nos galhos, em todas as classes diamétricas analisadas. Não existe tendência clara de diminuição ou de aumento da densidade com o aumento da classe diamétrica, tanto para fuste quanto para galhos.
- Existe tendência de acréscimo do peso de matéria seca com o aumento da classe diamétrica das árvores, nos municípios de Campo do Meio, Passos e Uberaba.
- Não existe tendência clara de acréscimo ou de decréscimo do teor de tanino com o aumento da classe diamétrica em Campo do Meio e Passos. Já para Uberaba, há um acréscimo do teor de tanino, à medida que aumenta a classe diamétrica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em Mata Secundária no município de Rio Vermelho, MG.** 1996. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M. dos; VIEGAS, J.; PEREIRA, J. C. Quantificação de tanino em três povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37, p.81-88, jul./dez. 1998.
- CAMOLESI, J. F. **Volumetria e teor alfa-bisabolol para Candeia *Eremanthus erythropappus*.** 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A.; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucaliptos de grande porte. **Revista Árvore**, v.16, n.3, p.319-336, 1992.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país: relatório final.** Belo Horizonte, 1995.
- DINIZ, C. E.; PAES, J. B.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. R. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 2003.
- FELFILI, J. M. **Avaliação do potencial florestal e dos resíduos de exploração das florestas do norte do Estado do Mato Grosso.** 1983. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model.** Belmont: Duxbury, 1976. 704p.

LIMA, M. Z. **Influência da semente e luz na produção de mudas de essências nativas – barbatimão (*Stryphnodendrons adstringens*), angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth) e pau-santo (*Kielmeyera coriacea*).** 1989. 15p. Monografia – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992. 352p.

PANSHIN, A. J.; HARRAR, E. S.; BETHEL, J. S.; BAKER, W. J. **Forest products:** their sources, production, and utilization. 2.ed. New York: MacGraw-Hill, 1962. 538p.

RIZZINI, C. T. Árvores e madeiras úteis do Brasil. **Manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: E. Blucher, 1971. 294p.

SALOMÃO, A. L.; SILVA. Angico vermelho: uma opção entre as espécies florestais nativas *Piptadenia macrocarpa* Benth. Leguminosae Mimosoidea. **Brasil Florestal**, v.10, n.41, p.45-60, 1980.

SANTOS, J. dos. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** 1996. 121p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCOLFORO, J. R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, S. T. da. Equações de biomassa e volume para Cerrado *Sensu Stricto*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 2., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: 1993. p.508-510.

SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. de; CAMOLESI, J. F.; BORGES, F.R.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.87-102, 2004.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. Equações de volume para uma floresta secundária no planalto do Tapajós – Belterra, PA. Curitiba, **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 8/9, p.1-15, 1984.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto.** 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

TRUGILHO, P. F.; CAIXETA, R. P.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. **Revista Cerne**, Lavras, v.3, n.1, p.1-13, 1997.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

CAPÍTULO 5
AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS PARA
AS VARIÁVEIS VOLUME, PESO DE MATÉRIA SECA E PRODUÇÃO
DE TANINO DO BARBATIMÃO (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.)
Coville), EM MINAS GERAIS

1 RESUMO

RUFINI, Ana Luiza. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para as variáveis volume, peso de matéria seca e produção de tanino do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), em Minas Gerais. In: _____. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado *Sensu Stricto* em Minas Gerais.** 2008. Cap.5, p.142-203. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo desse estudo foi ajustar, selecionar e testar a identidade entre modelos que estimem os volumes total e de fuste, o peso de matéria seca e o teor de tanino do barbatimão, além de mostrar o comportamento do volume, da densidade básica, do peso de matéria seca e do teor de tanino nas diferentes classes diamétricas para esta mesma espécie, em dez municípios situados na bacia do Rio Grande/Alto Paranaíba, em Minas Gerais. Para isto, realizou-se a cubagem, pelo método de Huber, em 142 árvores de barbatimão distribuídas nos dez municípios. Para a obtenção da densidade básica, foram coletados discos nas alturas correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. Foi determinado também o teor de tanino pelo método Folin-Dennis. A acurácia dos modelos foi avaliada pelo R^2 , Syx e análise gráfica dos resíduos, e para testar a identidade de modelo foi usado o método desenvolvido por Graybill (1976). Os ajustes e os testes de identidade foram realizados por meio software Sisflor. O modelo selecionado para todas as variáveis testadas nos dez municípios foi o de Schumacher e Hall logaritimizado. Quanto ao teste de identidade de modelos, notou-se que, para a variável volume total com e sem casca, existe a possibilidade de formação de dois grupos, um com os municípios 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 e 10 e outro com 4 e 5. Para o volume de fuste com e sem casca, o teste de identidade apontou a similaridade entre 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10 e, para o peso de matéria seca, entre 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 10. Já para o tanino, o teste indicou a possibilidade de formação de quatro grupos: 1, 2, 3, 4, 7 e 10; 5 e 6; 8, e 9. Quanto ao comportamento do volume, observou-se tendência da porcentagem desse em diminuir no fuste e aumentar nos galhos com o aumento do diâmetro. Para a densidade básica, no município de Monte Carmelo há um aumento com o aumento do diâmetro; no município de Paraguaçu, ocorre o contrário e, nos demais municípios, nenhuma tendência clara foi encontrada. Já para o peso de matéria seca, existe tendência de acréscimo a medida que aumentam os

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello – UFLA (co-orientador).

diâmetros. Quanto ao teor de tanino, não existe tendência clara de acréscimo ou decréscimo.

Palavras-chave: Cubagem rigorosa, similaridade, densidade básica.

2 ABSTRACT

RUFINI, Ana Luiza. Adjustment, selection and identity test of models for the variables volume, dry matter weight and tannin production of Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), in Minas Gerais. In:_____. **Volumetry, dry matter weight, tannin and cork content to the savannah (cerrado) in Minas Gerais.** 2008. Cap.5, p.136-203. Dissertation (Master's degree in Forests of Production) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The objective this studie of adjusting, selecting and testing the identity among models that estimate the total and shaft volumes, the dry matter weight and the tannin content of the barbatimão, besides showing the behavior of the volume, of the basic density, of the dry matter weight and of the tannin content in the different diametric classes for this species, in ten counties located in the Rio Grande/Alto Paranaíba River basin, in Minas Gerais. For this purpose, the cubage was accomplished using the method of Huber, in 142 barbatimão trees distributed in ten counties. For obtaining the basic density, disks were collected in the heights corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height. It was also determined the tannin content using the Folin-Dennis method. The accuracy of the models was evaluated by the R², Syx and graphic analysis of the residues, and to test the model identity, the used method was the one developed by Graybill (1976). The fittings and the identity tests were accomplished using the Sisflor software. The selected model for all the variables tested in the ten counties was the Schumacher and Hall logarithmized ones. Regarding the identity test of models, it was noticed that, for the variable total volume with and without bark, the possibility of formation of two groups exists, one with the counties 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9 and 10 and other with 4 and 5 ones. For the shaft volume with and without bark, the identity test pointed the similarity among 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 10 and, for the dry matter weight, among 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 10. For the tannin, the test indicated the possibility of formation of four groups: 1, 2, 3, 4, 7 and 10; 5 and 6; 8, and 9. Regarding the behavior of the volume, it was observed a tendency of the percentage decrease of shaft and increase of branches with the increase of the diameter. For the basic density, in Monte Carmelo county there is an increase with the expansion of the diameter; in Paraguaçu county, the opposite occurs and, in the other counties, no clear tendency was found. For the dry matter

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello - UFLA (co-orientador).

weight, exists a tendency of increment as the diameter increase. Regarding the tannin content, there isn't a clear tendency of increase or decrease.

Key-Words: rigorous Cubage, similarity, basic density.

3 INTRODUÇÃO

O estado de Minas Gerais localiza-se em uma área de transição entre os biomas Floresta Atlântica, Cerrado e Caatinga, cuja maior parte pertence ao bioma Cerrado.

A variedade de espécies florestais encontradas no Cerrado é considerada elevada. algumas destas espécies possuem alto valor econômico, tanto pela qualidade de suas madeiras quanto pelo valor dos produtos delas retirados, como a casca, que pode ser utilizada para a extração do tanino.

Os taninos são produtos naturais de composição polifenólica utilizados no processo de curtimento do couro, na indústria do petróleo, no tratamento de água de abastecimento e residuária e na fabricação de tintas e adesivos, entre outros (Pashin et al., 1962; Silva, 1999; Trugilho et al., 1997).

O barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), que aparece com grande frequência em regiões de Cerrado, é uma espécie de alto valor econômico, pois é, de todos os vegetais conhecidos, um dos mais ricos em substâncias tanantes (Resende, 1972). Os taninos encontrados nesta espécie possuem propriedades farmacológicas, principalmente relacionadas à cicatrização superficial de ferimentos. Assim, considera-se que o barbatimão possa vir a se converter em grande fonte de divisas para o Brasil.

Entretanto, para que não ocorra a exploração desordenada do Barbatimão e para que sua produção seja feita de forma racional, os planos de manejo sustentável para esta espécie devem visar à obtenção de múltiplos produtos. Para isso, é necessário conhecer o seu potencial produtivo.

Neste contexto, o volume, o peso seco e o teor de tanino total, comercial ou de partes da árvore de barbatimão, são variáveis de grande interesse a serem

estimadas em florestas sujeitas à prática de manejo florestal sustentável. Uma vez que estes parâmetros sejam estimados com precisão, os planos de manejo florestal e as análises de investimento também podem ser realizados com precisão.

Então, para balizar as análises de investimentos e controlar os planos de manejo para a espécie *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Barbatimão), este estudo teve como objetivo geral: selecionar modelos para estimar o volume, o peso de matéria seca e a produção de tanino do barbatimão nas bacias do rio Grande/Alto Paranaíba. Os objetivos específicos são:

- selecionar equações de volume, peso de matéria seca e produção de tanino para a espécie *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) em 10 áreas situadas nas bacias do rio Grande/Alto Paranaíba;
- avaliar, para o barbatimão, a similaridade nas áreas de estudo para as variáveis volume, peso de matéria seca e tanino;
- mostrar o comportamento do volume distribuído no fuste e copa até galhos com 3 cm de diâmetro, do peso de matéria seca e do teor de tanino do barbatimão, distribuídos em diferentes classes diamétricas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Seleção de equações

4.1.1 Volume total

Em cada um dos dez municípios estudados, foram analisadas as medidas de precisão: coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão residual (Syx), juntamente com o gráfico de dispersão dos resíduos. Estas medidas foram analisadas para as variáveis dependentes volume total com casca e volume total sem casca. Com isso, pôde-se observar que o modelo de Schumacher e Hall, em sua forma logarítmica, se apresentou melhor do que os demais modelos para estimar o volume total, com casca e sem casca.

Pelos dados da Tabela 36, observam-se as medidas de precisão dos doze modelos testados em cada município. Para a variável volume total com casca, o modelo de Schumacher e Hall logaritmicado apresentou valores de R^2 altos, variando entre 94,79% e 99,88%. Para os municípios de Bambuí, Campo do Meio, Capitólio, Ibiá, Luminárias e Paraguaçu, estes valores foram superiores a 99%. Este mesmo modelo apresentou também valores de Syx inferiores a 15% e, para os municípios de Capitólio, Ibiá, Luminárias e Paraguaçu, o erro padrão residual foi menor que 10%. Quanto à distribuição gráfica dos resíduos, o modelo de Schumacher e Hall logaritmicado, apresentou-se entre as distribuições mais uniformes e homogêneas em todos os dez municípios (Figura 31).

TABELA 36 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos 10 municípios estudados, para a variável volume total com casca.

Modelos	Medidas de precisão	BambuÍ	Campo do Meio	Capitólio	Carmo da Cachoeira	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Carmelo	Naza-reno	Para-guaçu	Sto. A. Amparo
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	94,51	97,82	97,52	98,16	99,47	99,46	87,89	83,92	96	98,45
	Syx (%)	21,07	11,76	13,5	11,63	6,12	5,57	22,44	35,45	14,51	11,07
	\bar{E} (m^3)	6E-09	-2E-09	7,33E-09	-4,26E-09	-3,13E-09	-0,00110	6,06E-09	-1E-08	-3E-09	2E-09
Brenac	R^2 (%)	98,93	98,68	98,3	97,99	99,24	99,79	95,94	87,88	98,6	98,21
	Syx (%)	20,93	13,57	13,24	10,9	7,54	6,55	22,54	36,47	15,25	12,53
	\bar{E} (m^3)	0,00097	0,00014	0,00011	0,00061	-0,00049	-0,00225	0,00058	0,00367	0,00025	-4E-05
Spurr	R^2 (%)	97,69	99,06	99,19	96,05	94,1	99,02	89,71	88,86	98,66	96,45
	Syx (%)	13,67	7,71	7,7	17,05	20,42	7,49	20,69	29,5	8,4	16,75
	\bar{E} (m^3)	8E-08	-6E-08	-6,38E-08	5,47E-08	-6,25E-08	-0,0007	-3,90E-08	-5E-08	-3E-08	-9E-09
Schumacher-Hall	R^2 (%)	98,11	98,93	99,28	98,3	99,57	99,66	88,55	91,14	98,64	98,46
	Syx (%)	12,36	8,24	7,27	11,17	5,51	4,39	21,82	26,31	8,49	11,05
	\bar{E} (m^3)	0,00011	-0,00115	0,00001	0,00086	-0,00023	-0,00165	0,00012	0,00081	-9E-05	-0,0002
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	99,29	99,46	99,14	97,88	99,07	99,88	95,78	94,79	99,25	98,12
	Syx (%)	15,58	11,18	7,78	12,55	6,42	5,58	22,93	27,52	8,94	11,91
	\bar{E} (m^3)	0,00145	-0,00083	-9,33E-05	0,00137	0,00091	-0,00246	0,00008	0,00231	0,00032	0,00052
Honner	R^2 (%)	96,61	97,62	97,65	88,28	90,15	98,92	89,33	87	97,61	94,46
	Syx (%)	16,55	12,27	13,14	29,37	26,37	7,86	21,07	31,87	11,24	20,95
	\bar{E} (m^3)	0,00649	-0,00149	-0,00160	0,00990	0,00860	-0,00023	0,00081	-0,0067	0,00188	0,00295
Ogaya	R^2 (%)	97,98	99,01	99,06	94,88	94,1	99,3	90,2	90,63	98,31	96,19
	Syx (%)	17,37	7,93	8,33	19,4	20,04	6,31	20,19	27,05	9,46	17,37
	\bar{E} (m^3)	-0,00089	-0,00063	-0,00104	-0,00291	-0,00758	-0,00164	-0,00013	0,00186	-0,00094	-0,0021
Stoate (australiana)	R^2 (%)	97,92	99,08	99,21	97,5	98,86	99,72	87,77	89,78	98,49	97,82
	Syx (%)	12,97	7,64	7,64	13,56	8,98	4,02	22,55	28,26	8,93	13,14
	\bar{E} (m^3)	-1E-08	-9E-09	-2,45E-09	-1,26E-08	1,25E-08	-0,00088	2,55E-08	-26E-08	4E-08	-2E-08

...continua...

TABELA 36, Cont.

Naslund	R ² (%)	99	99,71	99,68	98,88	99,51	99,89	97,1	95,15	99,48	98,99
	Syx (%)	13,27	6,84	7,38	13,74	9	4,12	19,96	28,99	8,79	13,2
	\bar{E} (m ³)	0,01171	-0,14286	0,04168	0,16939	-0,05359	-0,05055	-0,28457	0,01120	-0,03646	0,00601
Takata	R ² (%)	97,85	96,62	98,83	96,73	95,66	98,93	89,34	88,15	98,57	97,01
	Syx (%)	13,2	14,63	9,28	15,52	17,5	7,81	21,06	30,43	8,69	15,39
	\bar{E} (m ³)	0,00087	-0,00093	-0,00402	0,00306	0,00098	-0,00141	0,00087	0,00406	0,00018	0,00067
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	99,19	99,49	99,2	96,53	97,52	99,68	96,02	93,81	99,15	97,65
	Syx (%)	13,29	11,05	7,32	19,98	20,46	7,76	21,55	28,91	8,34	16,97
	\bar{E} (m ³)	0,00198	-0,00081	-0,00014	0,00382	0,00214	-0,00105	0,00002	0,00084	0,00027	0,00083
Meyer	R ² (%)	97,54	99,44	99,11	98,01	99,58	99,69	90,67	88,37	98,21	98,65
	Syx (%)	14,1	5,97	8,07	12,1	5,44	4,19	19,7	30,14	9,73	10,33
	\bar{E} (m ³)	1E-08	9E-08	-1,53E-08	2,09E-08	8,75E-08	-0,00045	-3,00E-09	-19E-08	30E-08	7E-09

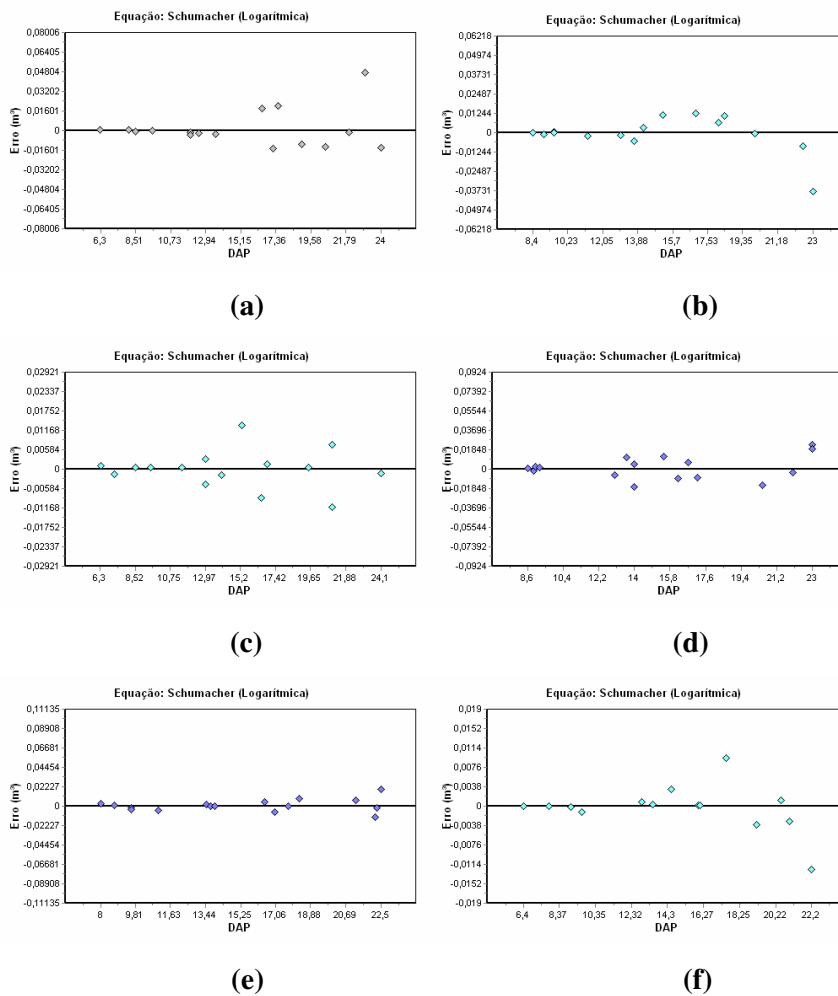
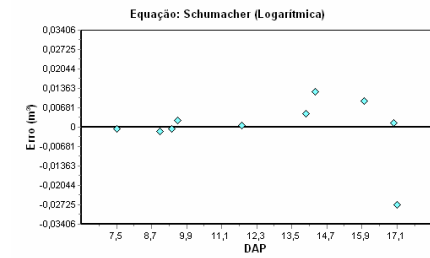
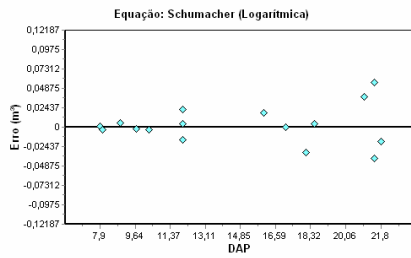


FIGURA 31 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total com casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j). (...continua...)

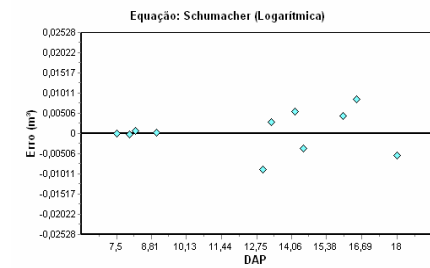
FIGURA 31, Cont.



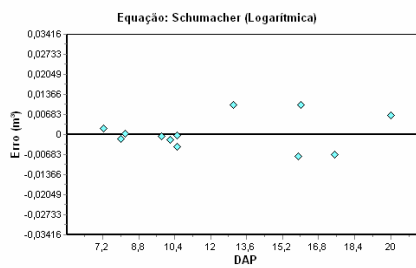
(g)



(h)



(i)



(j)

Já na Tabela 37 estão apresentados os valores das medidas de precisão dos doze modelos testados em cada município, para a variável volume total sem casca. O modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou valores de coeficiente de determinação variando entre 81,98% e 99,72%. Os municípios de Bambuí, Campo do Meio, Luminárias e Paraguaçu apresentaram valores superiores a 99% e o município de Santo Antônio do Amparo foi o único que apresentou valor inferior a 90%. O modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou, ainda, valores de erro padrão residual variando de 7,69% a 41,81%; para a maioria dos municípios o Syx foi menor que 26,2% e apenas o município de Santo Antônio do Amparo apresentou valor superior a este (41,81%).

A distribuição gráfica dos resíduos do modelo de Schumacher e Hall logaritmico, para cada um dos dez municípios estudados, é mostrada na Figura 32. Nesta figura pode-se observar que, em todos os municípios, este modelo apresentou distribuição uniforme.

TABELA 37 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável volume total sem casca.

Modelos	Medidas de precisão	Bambuú	Campo do Meio	Capitólio	Carmo da Cachoeira	Ibiá	Luminaárias	Monte Carmelo	Nazareno	Paraguaçu	Sto. A. Amparo
Hohenadl – Krenm	R^2 (%)	95,16	95,5	98,74	97,14	95,74	99,43	86,29	85	93,25	79,7
	Syx (%)	20,16	17,44	10,31	14,52	18,84	6,11	26,19	34,01	18,82	35,79
	\bar{E} (m^3)	-1E-08	8E-09	-2E-09	-5,31E-09	1E-08	4E-09	-2,00E-09	4E-09	3,18E-09	5,18E-10
Brenac	R^2 (%)	99,06	98,29	98	97,92	98,81	99,74	96,65	87,89	97,91	81,56
	Syx (%)	20,29	18,57	10,87	14,35	18,86	8,5	26,12	34,73	19,29	43,75
	\bar{E} (m^3)	0,00039	0,00037	-6E-05	0,00055	0,00010	-0,00023	0,00040	0,00230	0,00027	0,00112
Spurr	R^2 (%)	97,91	97,89	98,65	95,51	92,32	98,98	89,99	89,88	97,95	75,91
	Syx (%)	13,24	11,95	10,65	18,2	25,29	8,22	22,37	27,94	10,37	38,98
	\bar{E} (m^3)	7E-08	-5E-08	4E-08	-4,97E-08	9E-09	8E-08	2,25E-08	1E-08	-3,09E-08	-2,08E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	98,05	98,63	99,16	97,44	96	99,49	86,98	91,73	97,25	74,61
	Syx (%)	12,78	9,62	8,43	13,75	18,26	5,78	25,52	25,25	12	40,02
	\bar{E} (m^3)	-0,0004	-0,00085	-0,00024	0,00060	0,00041	-0,00025	0,00042	6E-05	0,00014	0,00011
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	99,44	99,11	98,73	98,06	98,58	99,72	96,1	94,86	99,14	81,98
	Syx (%)	14,62	16,35	10,63	15,4	19,13	7,69	26,19	25,8	12,54	41,81
	\bar{E} (m^3)	0,00047	-0,00098	-0,00008	0,00095	0,00151	0,00002	0,00001	0,00144	-2,73E-05	0,00117
Honner	R^2 (%)	96,87	94,84	95,01	89,97	85,58	98,25	87,71	84,44	96,71	74,73
	Syx (%)	16,21	18,68	20,49	27,19	34,65	10,75	24,79	34,63	13,13	39,93
	\bar{E} (m^3)	0,00312	-0,00258	-0,00097	0,00500	0,00824	0,00258	0,00049	-0,0061	0,00044	0,00278
Ogaya	R^2 (%)	97,87	98,19	98,31	94,52	90,77	98,97	89,97	91,56	97,83	76,61
	Syx (%)	13,38	11,05	11,94	20,09	27,73	8,25	22,39	25,51	10,66	38,41
	\bar{E} (m^3)	-0,0012	0,00013	-0,00124	-0,00158	-0,00520	-0,00104	-0,00025	0,00122	-0,00035	-0,00005
Stoate (australiana)	R^2 (%)	97,97	98,51	99,12	96,39	95,23	99,61	87,17	90,79	97,42	75,09
	Syx (%)	13,07	10,04	8,62	16,32	19,93	5,09	25,34	26,64	11,64	39,64
	\bar{E} (m^3)	5E-08	8E-08	3E-08	-8,50E-09	3E-08	-7E-08	3,16E-08	3E-08	-2,98E-08	-4,17E-08

...continua...

TABELA 37, Cont.

Naslund	R ² (%)	99,04	99,65	99,6	98,43	97,76	99,84	96,43	95,66	99,5	90,07
	Syx (%)	13,12	7,51	8,41	16,3	19,95	5,13	22,74	27,33	8,55	39,59
	\bar{E} (m ³)	-0,0443	-0,14862	0,01286	0,10980	0,07593	-0,02013	-0,15914	0,01188	-0,07785	-0,13825
Takata	R ² (%)	96,3	90,96	97,19	96,72	95,03	99,02	87,86	88,91	96,32	75,5
	Syx (%)	17,63	24,72	15,39	15,56	20,36	8,02	24,64	29,24	13,89	39,32
	\bar{E} (m ³)	-0,0008	-0,00140	-0,00050	0,00151	0,00118	0,00043	0,00041	0,00238	-1,82E-05	0,00254
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	99,35	99,12	98,82	97,62	97,32	99,14	96,21	93,91	99,21	83,61
	Syx (%)	12,58	17,19	11,12	19,32	24,84	8,67	24,23	27,47	11,52	38,97
	\bar{E} (m ³)	0,00082	-0,00095	-1,33E-05	0,00187	0,00237	0,00084	-0,00003	0,00042	-4,55E-05	0,00122
Meyer	R ² (%)	97,56	99,15	98,93	97,19	94,77	99,57	90,02	89,72	97,61	80,54
	Syx (%)	14,3	7,6	9,51	14,38	20,87	5,36	22,34	28,15	11,2	35,04
	\bar{E} (m ³)	-2E-08	1E-08	3E-09	2,60E-08	8E-08	-1E-08	4,37E-09	-1E-08	4,48E-08	-2,67E-08

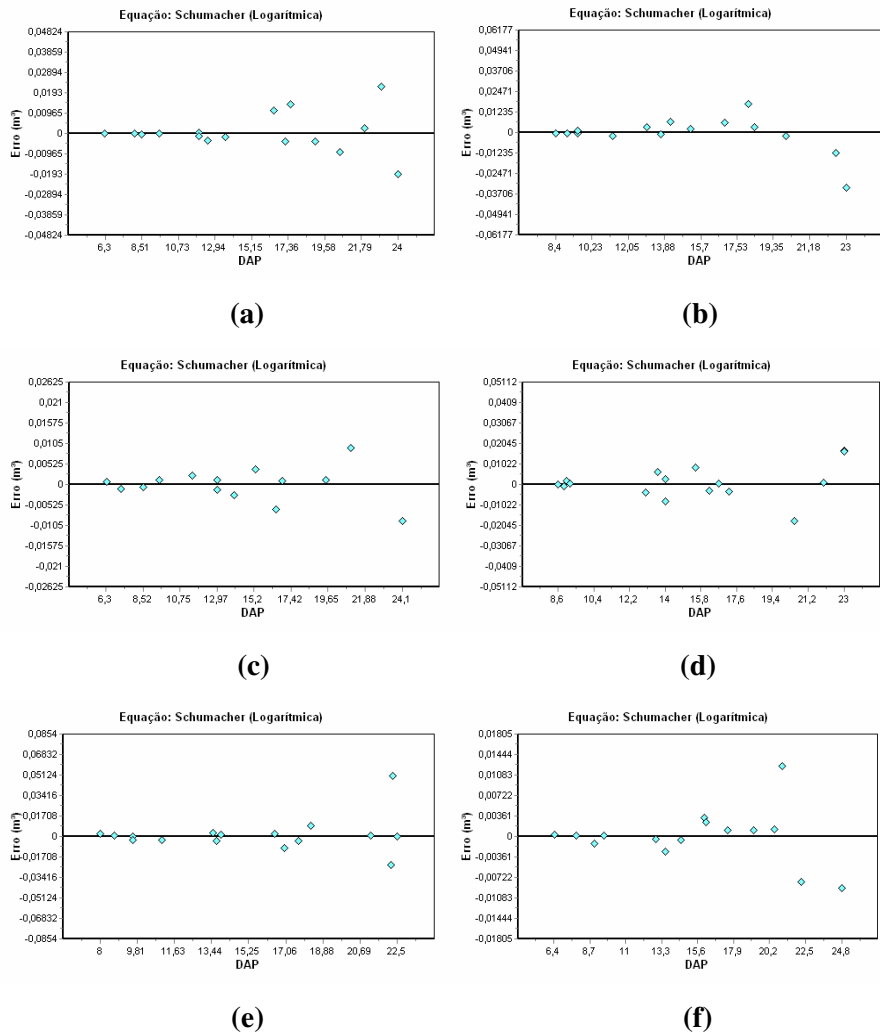
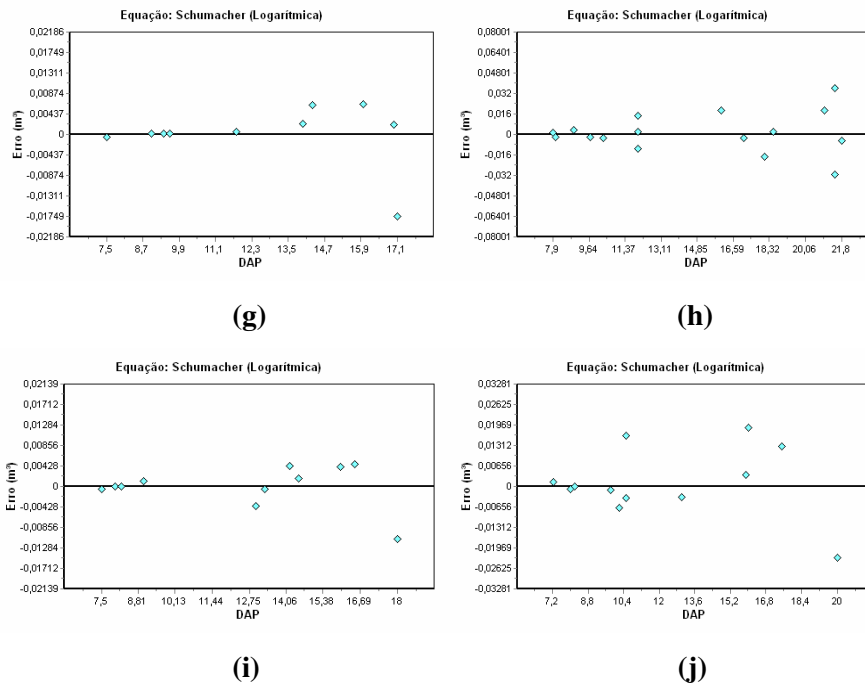


FIGURA 32 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total sem casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j). (...continua...)

FIGURA 32, Cont.



Os valores de coeficiente de determinação encontrados para a maioria dos municípios neste estudo são coerentes com os encontrados por outros autores. Belchior (1996) encontrou valores de R^2 em torno de 95%, para o modelo de Schumacher e Hall logarítmico, quando estimava o volume total numa mata secundária no município de Rio Vermelho, em Minas Gerais. CETEC (1995), determinando equações volumétricas para florestas nativas de Minas Gerais, encontrou, para a fisionomia Cerrado, valores de R^2 para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado próximos a 96%, para a variável volume total com casca.

Scolforo et al. (2004) também encontraram valores de coeficiente de determinação próximos a 97% para o modelo de Schumacher e Hall

logaritimizado, quando selecionavam equações para estimar o volume total com e sem casca da candeia no município de Airuoca.

4.1.2 Volume de fuste

Nas Tabelas 38 e 39 estão apresentados os valores de coeficiente de determinação, erro padrão residual e soma do erro dos doze modelos testados para cada município, tendo como variáveis dependentes o volume de fuste com casca e o volume de fuste sem casca, respectivamente.

A equação referente ao modelo de Naslund foi a que apresentou os maiores valores de coeficiente de determinação ajustado (variando entre 74,51% e 98,04%). Entretanto, este modelo apresentou valores de erro padrão residual elevados na maioria dos municípios, além de ter proporcionado estimativas negativas de volume de fuste com e sem casca, para os municípios de Campo do Meio, Ibiá, Nazareno e Santo Antônio do Amparo. O modelo de Naslund também apresentou multicolinearidade e não possui o coeficiente β_0 , implicando em maiores valores de coeficiente de determinação.

Já o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou boas medidas de precisão em seis municípios (Capitólio, Ibiá, Luminárias, Monte Carmelo, Paraguaçu e Santo Antônio do Amparo) dos dez estudados, com valores de coeficiente de determinação superiores a 80%. Os valores de erro padrão residual para este modelo, nos seis municípios citados, foram inferiores a 45%. Para os outros municípios (Bambuí, Campo do Meio, Carmo da Cachoeira e Nazareno), os valores de R^2 foram baixos (inferiores a 75%) e de Syx altos (variando entre 30% e 80%).

Mesmo não apresentando boas medidas de precisão em todos os dez municípios, o modelo de Schumacher e Hall foi melhor que os demais, devido aos seus gráficos de dispersão, que apresentaram distribuição mais homogênea

que os outros modelos, tanto para o volume de fuste com casca quanto para o volume de fuste sem casca (Figuras 33 e 34).

Silva e Carvalho (1984), trabalhando com dados de uma floresta no planalto do Tapajós no Pará, encontraram, para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado, valor de 98,4% para estimativas de volume de fuste com casca. Já para estimativas de volume do fuste sem casca, estes mesmos autores encontraram, para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado, R^2 de 95,3%.

CETEC (1995), determinando equações para as variáveis volume de fuste com e sem casca, na fisionomia Cerrado, encontrou, para a variável volume de fuste com casca, valores de R^2 próximos a 96%, para os modelos de Schumacher e Hall logaritimizado. Já para a variável volume de fuste sem casca, encontrou, para este mesmo modelo, valores de R^2 próximos a 93%.

Os valores encontrados por estes autores são superiores aos encontrados neste estudo, para a maioria dos municípios. Este fato pode ter ocorrido devido ao pouco número de árvores amostradas nestes municípios, o que pode ter acarretado em uma base de dados heterogênea.

TABELA 38 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável volume de fuste com casca.

Modelos	Medidas de precisão	BambuÍ	Campo do Meio	CapitÓlio	Carmo da Cachoeira	IbiÁ	Lumi-nÁrias	Monte Carmelo	Nazareno	Paraguaçu	Sto. Ant. Amparo
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	37,83	12,62	74,65	56,05	91,42	94,17	81,81	46,14	72,27	93,22
	Syx (%)	77,32	49,4	35,09	36,69	19,59	16,2	24,98	64,71	30,59	20,49
	\bar{E} (m^3)	-8E-09	5E-09	5,03E-09	-2,93E-09	1E-08	-9E-09	8,84E-09	-3,50E-09	-5,61E-09	-6,75E-09
Brenac	R^2 (%)	67,82	24,05	83,2	58,17	94,65	95,76	80,05	50,74	92,04	94,36
	Syx (%)	80,45	50,68	36,03	37,46	19,82	16,86	27,64	68,19	30,57	21,23
	\bar{E} (m^3)	0,00435	0,00435	0,00125	0,00136	0,00051	0,00035	0,00050	0,00501	0,00055	0,00021
Spurr	R^2 (%)	48,61	16,27	83,07	55,58	91,88	93,33	81,91	57,71	55,53	90,75
	Syx (%)	70,3	48,36	28,67	36,88	19,06	17,32	24,91	57,34	38,74	23,94
	\bar{E} (m^3)	-4E-08	2E-08	-2,81E-10	5,84E-08	-6E-08	-4E-08	2,03E-08	4,87E-09	-1,19E-08	-1,00E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	44,25	25,38	87,86	56,99	92,16	94,36	79,64	65,72	53,52	93,6
	Syx (%)	73,22	45,65	24,28	36,29	18,73	15,93	26,43	51,62	39,6	19,91
	\bar{E} (m^3)	-0,0005	-0,0002	0,00018	-0,00009	0,00005	-0,00019	0,00047	-0,00092	0,00061	-4,17E-05
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	68,2	44,24	92,91	58,28	94,67	96,31	83,78	62,9	80,98	93,8
	Syx (%)	78,63	46,79	26,62	38	20,29	16,36	27,46	59,7	41,4	20,39
	\bar{E} (m^3)	0,00434	0,00340	0,00044	0,00139	0,00053	0,00051	0,00029	0,00469	0,00055	0,00045
Honner	R^2 (%)	31,8	41,99	77,55	56,65	91,7	94,48	79,54	45,53	52,12	90,76
	Syx (%)	80,93	40,25	33,02	36,43	19,26	15,76	26,49	65,07	40,19	23,93
	\bar{E} (m^3)	0,00697	0,00601	0,00040	0,00217	0,00174	0,00083	0,00037	0,00774	0,00136	0,00133
Ogaya	R^2 (%)	49,67	14,25	79,46	65,11	92,7	94,5	82,42	63,58	52,57	92,74
	Syx (%)	69,58	48,94	31,58	32,68	18,07	15,73	24,56	53,21	40	21,21
	\bar{E} (m^3)	0,00311	0,00196	0,00227	-0,00009	0,00021	0,00008	0,00022	0,00423	0,00087	-0,00067
Stoate (australiana)	R^2 (%)	47,31	23,97	87,7	61,89	91,76	93,96	82,48	77,82	63,35	92,83
	Syx (%)	71,19	46,08	24,44	34,16	19,2	16,49	24,51	41,53	35,17	21,08
	\bar{E} (m^3)	-2E-08	-2E-08	-3,82E-09	-3,53E-08	-1E-08	4E-08	3,04E-08	3,19E-08	-5,38E-08	3,66E-08

...continua...

TABELA 38, Cont.

Naslund	R ² (%)	74,51	79,09	95,82	90,8	97,79	98,04	95,33	87,08	89,3	97,23
	Syx (%)	69,62	51,34	24,65	34,41	17,72	16,69	24,73	47,27	37,38	20,85
	\bar{E} (m ³)	-0,1914	0,16668	0,00501	-0,07698	0,08973	-0,02072	-0,11644	0,08639	-0,09396	0,01877
Takata	R ² (%)	33,98	-1,05	82,76	46,48	90,51	93,97	82,42	42,24	59,72	88,71
	Syx (%)	79,68	53,12	28,94	40,48	20,6	16,47	24,56	67,01	36,87	26,45
	\bar{E} (m ³)	0,00768	0,00770	0,00219	0,00291	0,00124	0,00090	0,00101	0,00885	0,00182	0,00080
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	70,42	24,12	88,11	60,92	93,09	96,6	85,41	61,09	83,02	91,9
	Syx (%)	75,32	50,37	28,48	37,64	19,38	15,78	24,72	61,14	38,67	25,6
	\bar{E} (m ³)	0,00438	0,00482	0,00069	0,00144	0,00081	0,00052	0,00035	0,00451	0,00054	0,00067
Meyer	R ² (%)	40,45	34,72	85,04	76,19	91,89	93,19	89	79,19	69,77	91,86
	Syx (%)	75,68	42,7	26,95	27	19,05	17,51	19,42	40,22	31,94	22,46
	\bar{E} (m ³)	-2E-08	-2E-08	-5,03E-08	-3,95E-08	-6E-08	1E-08	-1,20E-08	-4,25E-09	4,80E-08	-1,92E-08

TABELA 39 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável volume de fuste sem casca.

Modelos	Medidas de precisão	BambuÍ	Campo do Meio	Capitólio	Carmo da Cachoeira	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Carmelo	Nazareno	Paraguaçu	Sto. Ant. Amparo
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	41,67	77,46	80,35	57,22	93,33	94,69	84,15	49,96	69,97	92,72
	Syx (%)	78,79	28,61	31,62	37,75	17,99	16,3	26,37	63,18	33,77	23,8
	\bar{E} (m^3)	7E-09	1E-09	-1,18E-09	9,32E-09	-1E-09	1E-08	-7,80E-09	3,06E-09	-7,40E-09	7,72E-10
Brenac	R^2 (%)	75,13	84,43	86,19	60,06	95,44	96,59	86,17	54,78	92,28	93,29
	Syx (%)	81,85	28,87	32,29	38,87	18,35	17,11	28,47	66,26	33,89	26,59
	\bar{E} (m^3)	0,00302	0,00087	0,00071	0,00102	0,00030	0,00022	0,00030	0,00357	0,00043	0,00013
Spurr	R^2 (%)	51,71	73,58	86,59	57,29	93,11	94,03	85,48	61,08	54,11	90,67
	Syx (%)	71,69	30,98	26,13	37,72	18,29	17,29	25,24	55,72	41,75	26,94
	\bar{E} (m^3)	-5E-08	-6E-08	-4,88E-08	-4,23E-09	2E-08	3E-08	-2,40E-08	-3,50E-08	9,27E-09	-2,25E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	46,67	75,93	88,64	56	93,8	94,72	81,4	67,66	48,24	92,71
	Syx (%)	75,34	29,57	24,05	38,28	17,34	16,25	28,55	50,79	44,34	23,82
	\bar{E} (m^3)	-0,0005	9E-05	3,33E-05	-0,00004	-6E-05	-7E-05	0,00052	-0,00088	0,00071	-8,33E-05
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	75,37	82,7	93,12	60,65	95,48	96,51	88,49	66,58	81,28	92,2
	Syx (%)	79,43	30,45	26,53	39,64	20	16,42	29,3	57,99	45,62	24,43
	\bar{E} (m^3)	0,00294	0,00062	0,00025	0,00102	0,00018	0,00053	0,00013	0,00339	0,00039	0,00045
Honner	R^2 (%)	36,43	76,46	83,34	56,83	93,29	94,62	79,8	51,65	51,35	87,36
	Syx (%)	82,25	29,24	29,12	37,92	18,04	16,4	29,77	62,1	42,98	31,37
	\bar{E} (m^3)	0,00502	0,00131	-6,67E-05	0,00169	0,00154	0,00115	0,00023	0,00542	0,00111	0,00146
Ogaya	R^2 (%)	53,55	79,82	84,31	63,6	94,23	95,09	86,08	67,43	52,55	91,02
	Syx (%)	70,32	27,07	28,26	34,82	16,73	15,67	24,71	50,97	42,45	26,44
	\bar{E} (m^3)	0,00169	-0,0003	0,00113	-5,48E-06	-0,0002	-0,00015	-0,00007	0,00296	0,00050	-0,00066
Stoate (australiana)	R^2 (%)	49,18	77,72	88,03	60,42	93,45	94,25	84,75	79,13	61,35	91,78
	Syx (%)	73,55	28,44	24,68	36,31	17,83	16,97	25,87	40,81	38,31	25,29
	\bar{E} (m^3)	1E-08	8E-08	-2,79E-08	2,53E-09	7E-08	-7E-08	-5,20E-09	-1,69E-08	4,06E-08	-7,42E-09

...continua...

TABELA 39, Cont.

Naslund	R ² (%)	74,59	93,65	95,79	89,78	98	98,03	94,91	87,73	87,99	96,39
	Syx (%)	71,25	29,17	24,93	36,63	17,07	17	26,65	46,31	40,19	24,88
	\bar{E} (m ³)	-0,1585	-0,0275	0,00201	-0,05244	0,04075	-0,00851	-0,06390	0,06555	-0,07624	0,01873
Takata	R ² (%)	37,67	73,72	86,68	47,62	92,59	93,53	83,38	46,85	56,02	90,1
	Syx (%)	81,45	30,89	26,03	41,77	18,95	18	27	65,11	40,87	27,76
	\bar{E} (m ³)	0,00544	0,00204	0,00127	0,00219	0,00076	0,00075	0,00054	0,00637	0,00137	0,00070
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	77,06	83,9	90,25	63,46	93,52	96,51	89,87	64,87	83,26	91,35
	Syx (%)	75,91	30,21	25,74	38,3	18,23	17,09	26,9	59,26	42,62	28,38
	\bar{E} (m ³)	0,00298	0,00063	0,00032	0,00103	0,00046	0,00067	0,00015	0,00321	0,00039	0,00060
Meyer	R ² (%)	42,09	73,39	85,38	73,29	93,56	93,25	89,65	80,29	66,68	91,04
	Syx (%)	78,51	31,08	27,28	29,83	17,67	18,38	21,31	39,65	35,57	26,41
	\bar{E} (m ³)	-2E-08	5E-08	8,80E-09	-6,25E-09	-5E-08	7E-08	3,99E-08	4,03E-08	-3,40E-08	-3,50E-08

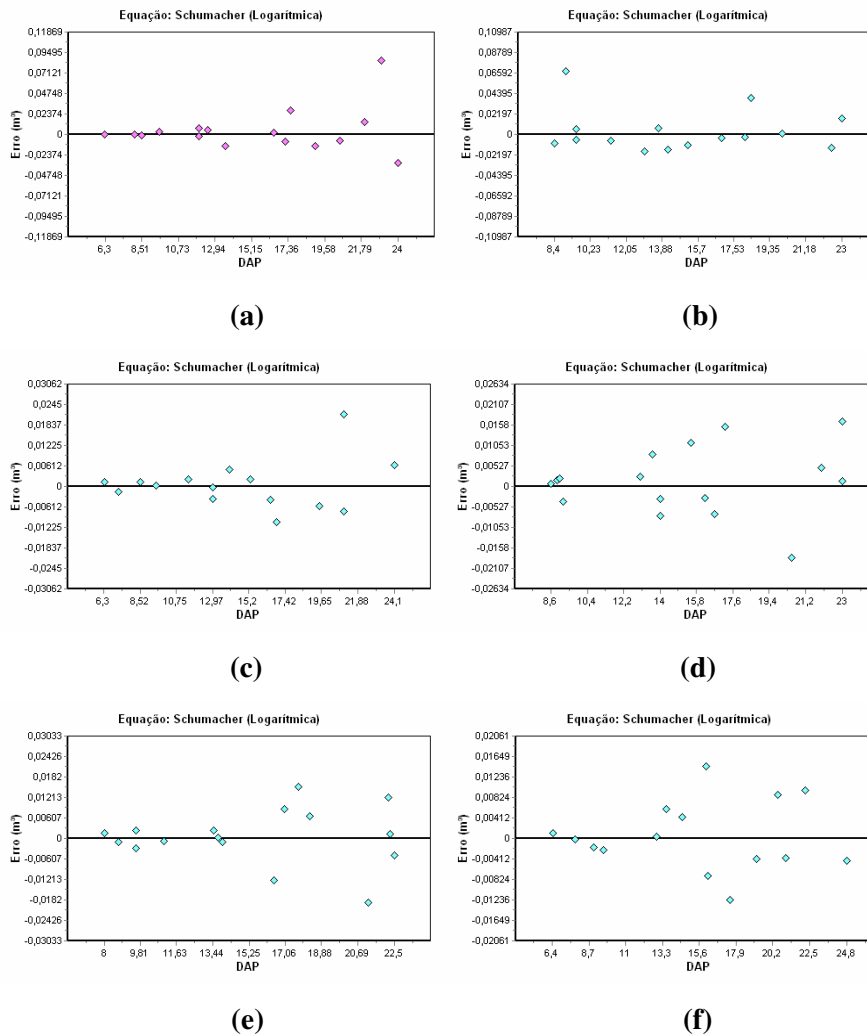
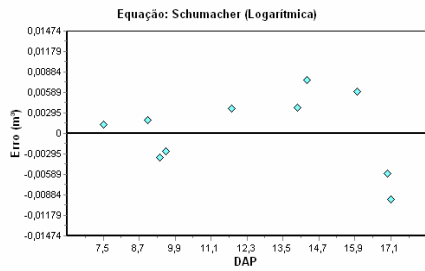
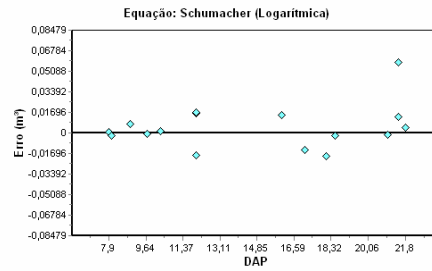


FIGURA 33 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste com casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j). (...continua...)

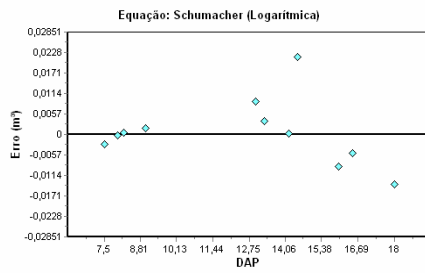
FIGURA 33, Cont.



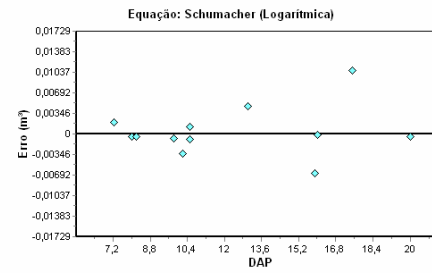
(g)



(h)



(i)



(j)

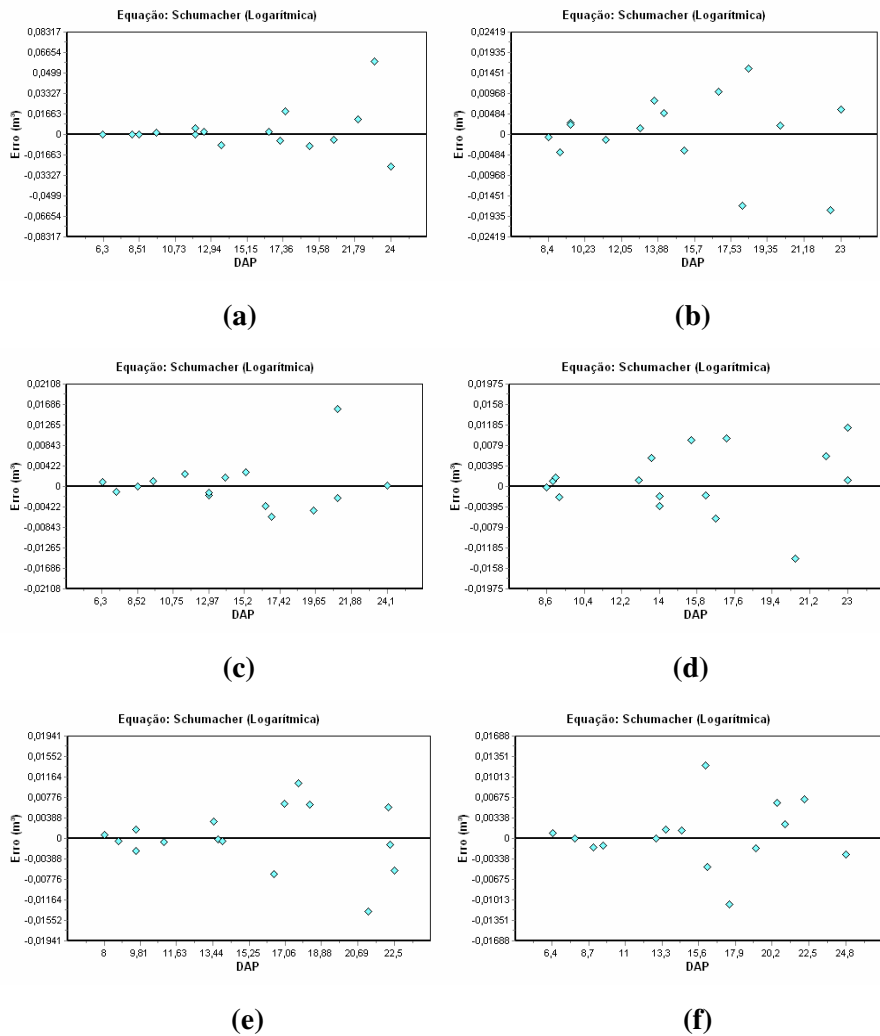
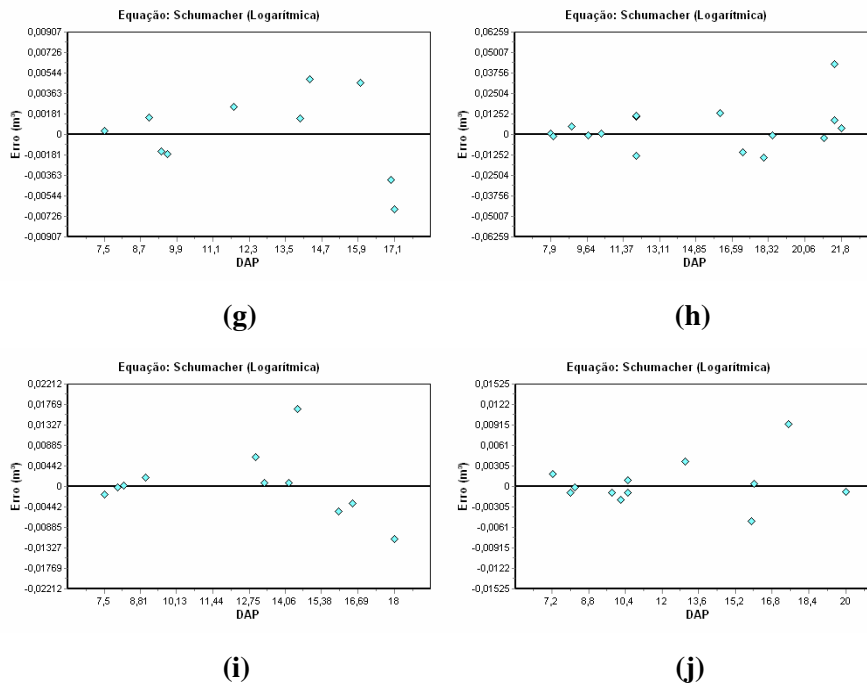


FIGURA 34 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste sem casca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j). (...continua...)

FIGURA 34, Cont.



4.1.3 Peso de matéria seca

Os doze modelos ajustados, para cada um dos dez municípios estudados, que tiveram como variável dependente o peso de matéria seca do barbatimão, têm suas medidas de precisão (R^2 e S_{yx}) apresentados na Tabela 40.

Observando-se esta Tabela, verifica-se que todos os modelos ajustados apresentaram boas medidas de precisão, com valores altos de coeficiente de determinação (variando de 80% a 99% e com predominância de valores superiores a 90%) e valores baixos de erro padrão residual (variando entre 6% e 48% e com predominância de valores inferiores a 20%) em todos os 10 municípios. Mas, como estas duas estatísticas, coeficiente de determinação e erro padrão residual, utilizadas isoladamente, não são suficientes para o julgamento da precisão do modelo, a seleção do melhor modelo foi feita por

meio da análise gráfica de resíduos, que permitiu detectar se existia ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente, ao longo de toda a linha de regressão.

O modelo de Schumacher e Hall logarítmico foi selecionado como sendo o modelo mais preciso, pois apresentou os gráficos de distribuição de resíduos menos tendenciosos e mais uniformes, conforme pode ser observado na Figura 35.

Os valores de R^2 encontrados neste estudo, para os modelos selecionados, foram compatíveis com os encontrados por outros autores que estudaram outras formações naturais no Brasil. Scolforo et al. (2004), selecionando modelos para estimar o peso seco de candeia e Santos (1996), analisando modelos de regressão para estimar a fitomassa de uma floresta tropical úmida na Amazônia, encontraram valores de R^2 próximos a 98%, para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado.

Santos (1996) concluiu, ainda, que, de todos os modelos estudados, os logarítmicos foram os que produziram melhores resultados para estimar o peso seco total, de tronco e de copa.

Os valores de erro padrão residual encontrados neste estudo foram inferiores ao encontrado por Scolforo et al. (2004) e compatíveis com os encontrados por Camolesi (2007). Scolforo et al. (2004) encontraram erro padrão residual de 47% para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado. Já Camolesi (2007), que também selecionou modelos para estimar o peso seco de candeia, encontrou, para o modelo de Spurr logaritimizado, valores de Syx variando entre 20% e 28%.

TABELA 40 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em toneladas, dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável peso de matéria seca.

Modelos	Medidas de precisão	BambuÍ	Campo do Meio	CapitÓlio	Carmo da Cachoeira	IbiÁ	Lumi-nÁrias	Monte Carmelo	Nazareno	Paraguaçu	Sto. A. Amparo
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	94,87	97,71	96,79	96,11	98,99	98,67	86,02	83,45	85,17	96,04
	Syx (%)	21,12	11,6	16,15	18	8,81	8,55	24,99	36,2	25,81	17
	\bar{E} (t)	-1E-08	6E-09	-4,03E-09	8,24E-09	6E-09	-3E-10	1,26E-09	1,01E-08	5,13E-09	-6,42E-09
Brenac	R^2 (%)	98,58	98,51	98	96,3	98,9	99,11	94,8	86,59	91,5	96,18
	Syx (%)	20,67	12,91	16,72	17,4	13,19	11,32	25,63	37,48	26,05	17,32
	\bar{E} (t)	0,00058	0,00013	0,00033	0,00078	-0,00033	-0,00020	0,00037	0,00216	0,00052	0,00011
Spurr	R^2 (%)	97,84	98,05	98,02	93,73	93,42	98,12	86,01	89,36	94,01	93,93
	Syx (%)	13,7	10,7	12,7	22,85	22,45	10,17	24,99	29,03	16,4	21,06
	\bar{E} (t)	-3E-08	9E-08	4,12E-08	-5,83E-08	6E-08	3E-08	-3,90E-08	-5,69E-08	-8,53E-09	-4,08E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	98,56	97,95	98,8	96,52	98,83	98,71	84,3	92,86	90,66	96,22
	Syx (%)	11,21	10,96	9,87	17,03	9,46	8,45	26,48	23,77	20,48	16,62
	\bar{E} (t)	6E-05	-0,0008	0,00040	0,00087	-0,00036	-0,00049	0,00033	-6,88E-05	0,00013	-0,00008
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	98,89	98,83	98,79	96,14	98,68	99,11	94,63	95,03	91,91	96,17
	Syx (%)	15,34	16,44	11,38	20,23	10,83	13,04	27	24,64	21,4	17,47
	\bar{E} (t)	0,00116	-0,0008	0,00015	0,00148	0,00061	-0,00059	0,00017	0,00123	0,00046	0,00023
Honner	R^2 (%)	95,7	94,18	96,44	83,32	87,85	97,7	85,13	70,69	89,36	93
	Syx (%)	19,35	18,48	17,02	37,27	30,5	11,26	25,76	48,18	21,87	22,61
	\bar{E} (t)	0,00488	-0,0015	-0,00113	0,00684	0,00415	-0,00025	0,00077	-0,00814	0,00141	0,00120
Ogaya	R^2 (%)	98,19	98,01	97,85	92,63	93,31	98,75	87,09	92,14	94,41	94,43
	Syx (%)	12,54	10,82	13,23	24,77	22,64	8,3	24,01	24,94	15,85	20,17
	\bar{E} (t)	-0,0008	-0,0005	-0,00065	-0,00149	-0,00382	-0,00046	-0,00034	0,00146	0,00048	-0,00083
Stoate (australiana)	R^2 (%)	98,4	98,53	98,55	95,37	98,08	98,8	83,85	92,15	93,82	95,56
	Syx (%)	11,8	9,29	10,86	19,63	12,13	8,12	26,85	24,93	16,66	18,01
	\bar{E} (t)	1E-08	8E-08	-1,59E-08	-3,64E-08	7E-09	-6E-08	-1,30E-08	6,69E-08	-1,53E-08	-2,25E-08

...continua...

TABELA 40, Cont.

Naslund	R ² (%)	99,26	99,64	99,63	97,81	99,17	99,68	95,63	96,06	98,02	97,91
	Syx (%)	11,6	7,42	8,1	19,74	11,93	6,96	24,76	26,21	16,71	18,7
	\bar{E} (t)	0,08402	-0,1277	0,08268	0,17071	-0,05563	-0,11315	-0,14893	-0,16068	0,01213	-0,01216
Takata	R ² (%)	98,24	94,03	98,99	94,97	95,14	97,86	85,1	88,22	93,67	94,02
	Syx (%)	12,38	18,73	9,07	20,47	19,29	10,86	25,79	30,54	16,86	20,9
	\bar{E} (t)	0,00049	-0,0006	-0,00015	0,00241	0,00048	-4E-05	0,00066	0,00209	0,00072	0,00046
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	98,79	98,91	98,88	95,32	97,53	99,08	94,7	93,26	92,47	95,76
	Syx (%)	12,9	15,86	10,66	25,76	22,64	11,47	26,13	28,3	16,96	21,27
	\bar{E} (t)	0,00151	-0,0008	0,00013	0,00272	0,00110	-0,00039	0,00013	0,00023	0,00045	0,00037
Meyer	R ² (%)	98,14	99,41	98,81	95,99	99,35	99,03	84,38	91,85	93,05	96,71
	Syx (%)	12,71	5,88	9,83	18,28	7,06	7,31	26,41	25,4	17,67	15,51
	\bar{E} (t)	7E-08	-8E-08	5,18E-08	-2,29E-08	5E-08	-8E-08	3,71E-08	7,19E-08	-2,90E-08	-1,67E-08

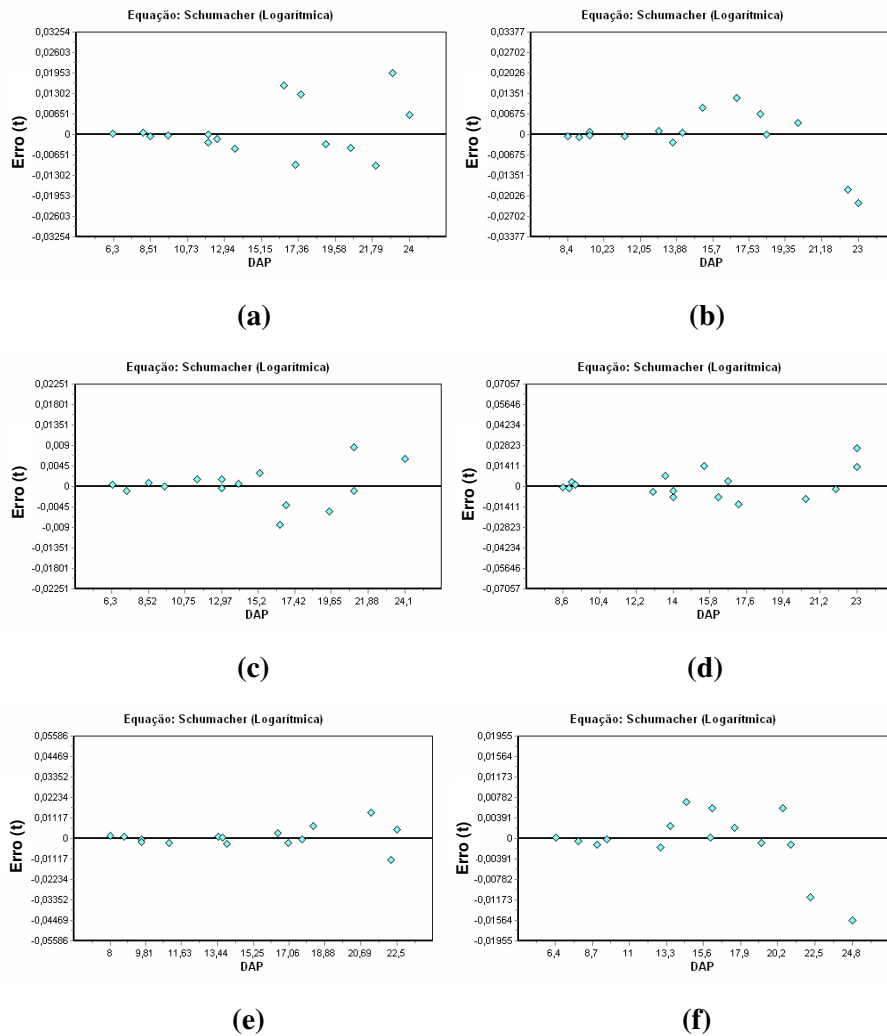
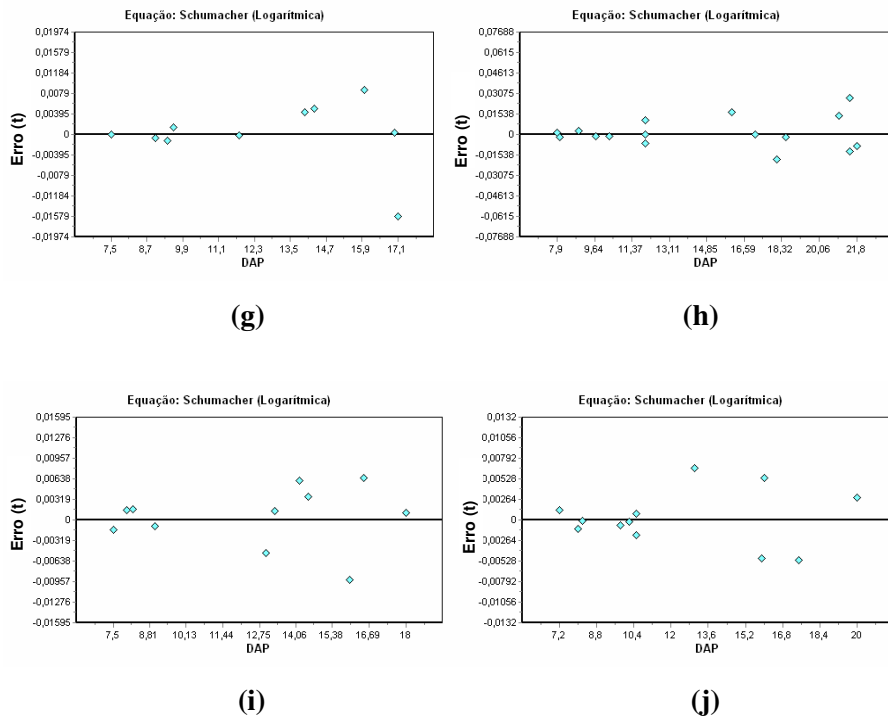


FIGURA 35 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável peso de matéria seca, nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j). (...continua...)

FIGURA 35, Cont.



4.1.4 Tanino

Na Tabela 41 são apresentados as medidas de precisão (R^2 e Syx) e o somatório dos erros dos doze modelos testados, tendo como variável dependente o tanino. Conforme se pode observar nesta Tabela, de todos os modelos testados, o de Naslund foi o que apresentou os maiores valores de coeficiente de determinação, para todos os municípios estudados. Porém, este modelo não possui o coeficiente β_0 , o que implica em maiores R^2 , e apresentou multicolinearidade pelo teste de Durbin-Watson, implicando em estimativas negativas desta variável.

Os dados da Tabela 41 mostram também que todos os outros modelos apresentaram valores baixos de R^2 , o que significa que as variáveis independentes destes modelos não estão explicando de maneira muito

satisfatória as variações da variável dependente. Todavia, estes modelos apresentaram valores baixos de erro padrão residual, mostrando que a variabilidade encontrada nas árvores amostras foi pequena.

No entanto, ao observar os gráficos de dispersão dos resíduos, constatou-se a inexistência de tendência para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado, indicando claramente que os erros de superestimativa estão anulando os de subestimativa (Figura 36). Este fato garante o bom uso das equações de Schumacher e Hall logaritimizadas, em todos os municípios estudados.

TABELA 41 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em mg, dos modelos ajustados, nos dez municípios estudados, para a variável teor de tanino.

Modelos	Medidas de precisão	Bambuú	Campo do Meio	Capitólio	Carmo da Cachoeira	Ibiá	Luminaárias	Monte Carmelo	Nazareno	Paraguaçu	Sto. A. Amparo
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	2,15	0	7,53	16,23	49,05	0	0	19,41	35,32	12,08
	Syx (%)	13,1	15,89	10,86	8,24	4,48	7,49	9	9,21	4,7	15,19
	\bar{E} (mg)	-8E-09	4E-09	-3,33E-09	7,75E-10	-1E-08	1E-08	-4,10E-09	-4,50E-10	-3,02E-11	-2,75E-11
Brenac	R^2 (%)	7,36	0	10,97	21,22	53,97	0	0	7,05	28,96	14,36
	Syx (%)	12,91	15,89	10,75	8,06	4,26	7,71	8,96	9,85	4,92	15,05
	\bar{E} (mg)	0,00124	0,00161	0,00080	0,00046	0,00011	0,00031	0,00051	0,00095	0,00141	0,00129
Spurr	R^2 (%)	5,03	0	16,19	17,65	30,16	0	0	5,63	28,05	21,7
	Syx (%)	12,9	15,96	10,34	8,17	5,25	7,41	8,6	9,97	4,96	14,34
	\bar{E} (mg)	2E-08	3E-08	-3,93E-08	-7,50E-08	6E-09	7E-08	-4,30E-08	-5,88E-08	-2,19E-08	-2,00E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	0	0	21,7	7,51	7,96	0	0	6,98	47,27	10,61
	Syx (%)	13,65	15,8	9,99	8,65	6,03	7,68	8,19	9,9	4,25	15,32
	\bar{E} (mg)	4E-06	1E-05	1,33E-05	-2,64E-06	1E-06	-5E-08	2,07E-06	-2,44E-06	9,09E-06	8,33E-06
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	0	0	18,95	9,16	6,37	0	0,63	6,77	44,04	7,41
	Syx (%)	13,67	15,99	10,03	8,66	6,03	7,69	8,19	9,91	4,25	15,4
	\bar{E} (mg)	0,00143	0,00167	0,00072	0,00053	0,00023	0,00031	0,00037	0,00096	0,00009	0,00141
Honner	R^2 (%)	0	-	-	0	0	-	-	0	-	0
	Syx (%)	54,11	-	-	659,95	209,02	-	-	494,26	-	54,59
	\bar{E} (mg)	0,02880	-	-	0,01770	-0,06911	-	-	0,26793	-	-0,01196
Ogaya	R^2 (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Syx (%)	43,6	38,19	47,1	36,39	40,8	35,68	41,68	36,47	43,12	36,4
	\bar{E} (mg)	0,03068	0,01708	0,03333	0,01831	0,02303	0,01634	0,03581	0,02856	0,01883	0,01726
Stoate (australiana)	R^2 (%)	0	0	0	0	0	0	0	9,23	58,85	2,46
	Syx (%)	13,75	15,76	9,88	8,6	5,21	7,48	8,86	9,78	3,75	16
	\bar{E} (mg)	-7E-08	-4E-08	-1,94E-08	-4,89E-08	-3E-08	-3E-09	9,31E-09	-5,88E-08	-3,83E-08	-3,50E-08

...continua...

TABELA 41, Cont.

Naslund	R ² (%)	96,56	97,29	98,05	99,04	98,03	96,55	98,31	97,44	97,31	96,43
	Syx (%)	18,7	16,65	14,05	9,81	14,07	18,62	13,03	16,07	16,43	19,13
	\bar{E} (mg)	1,07453	0,27069	0,97376	1,21358	0,64035	1,16989	0,38218	0,84763	0,36610	0,33559
Takata	R ² (%)	0	-	-	-	-	-	-	0	-	0
	Syx (%)	55,31	-	-	-	-	-	-	19,9	-	36,4
	\bar{E} (mg)	0,00907	-	-	-	-	-	-	0,00684	-	-0,01131
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	2,09	0	18,62	9,14	12,4	0	0	13,31	41,39	16,52
	Syx (%)	13,18	15,9	10,22	8,66	5,85	7,45	8,62	9,55	4,43	14,61
	\bar{E} (mg)	0,00143	0,00174	0,00079	0,00056	0,00023	0,00032	0,00053	0,00096	0,00154	0,00141
Meyer	R ² (%)	11,09	0	18,9	1,08	64,18	0	0	36,75	65,1	0
	Syx (%)	12,48	16,7	10,17	8,95	3,76	7,96	10,67	8,16	3,45	17,44
	\bar{E} (mg)	3E-09	8E-09	-2,97E-08	-3,50E-08	-1E-08	7E-08	4,91E-08	-3,38E-09	3,39E-08	3,11E-08

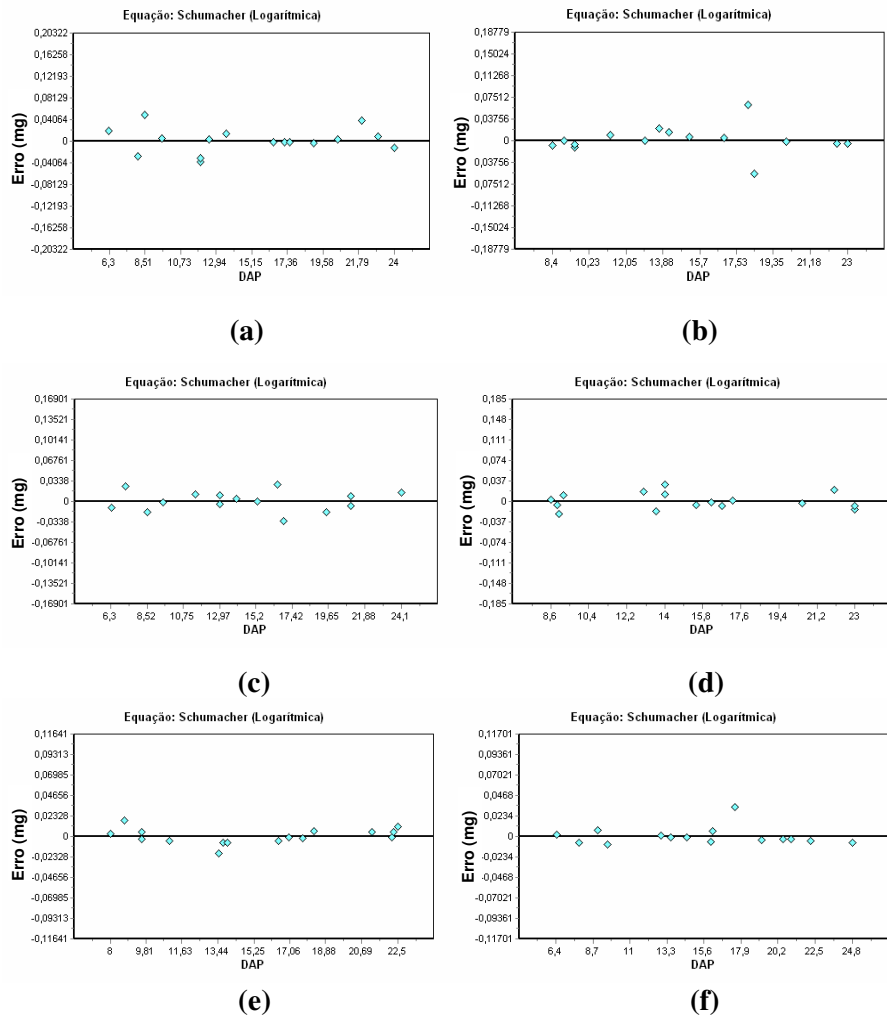
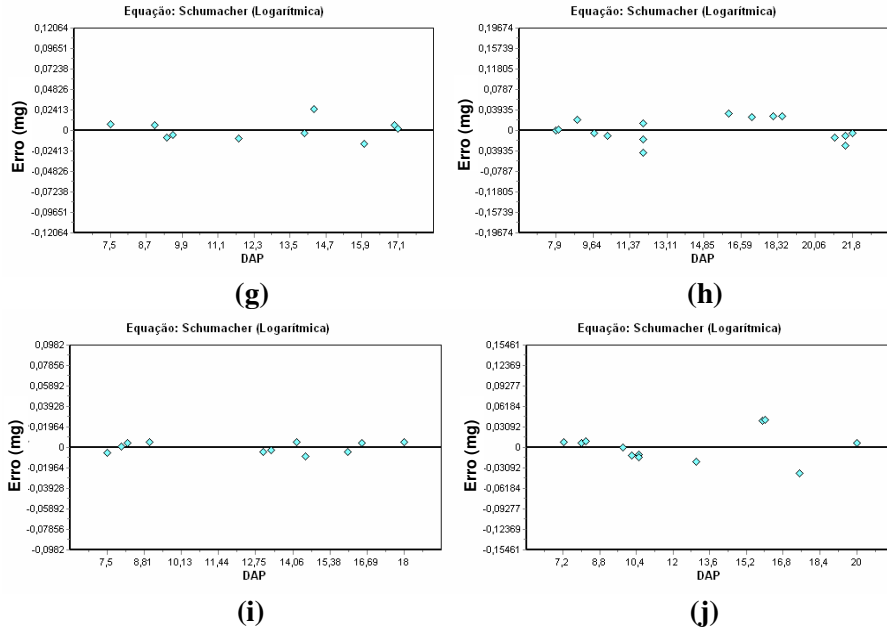


FIGURA 36 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável teor de tanino nos municípios de Bambuí (a), Campo do Meio (b), Capitólio (c), Carmo da Cachoeira (d), Ibiá (e), Luminárias (f), Monte Carmelo (g), Nazareno (h), Paraguaçu (i) e Santo Antônio do Amparo (j). (...continua...)

FIGURA 36, Cont.



4.2 Teste de identidade de modelos

As equações referentes ao modelo de Schumacher e Hall logarítmico, específicas para cada um dos dez municípios da bacia do rio Grande/Alto Paranaíba estudados neste trabalho, foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo o município e para as variáveis volume total, volume de fuste, peso de matéria seca e teor de tanino. O teste de identidade foi realizado segundo o método proposto por Graybill (1976).

Para que exista identidade entre modelos, o valor da probabilidade de F deve ser maior ou igual ao nível de significância $\alpha = 0,05$, em todos os três testes (identidade, nível e forma), ou seja, os testes devem ser não significativos.

4.2.1 Volume total e de fuste

Os dados da Tabela 42 representam os valores de probabilidade de F e a significância dos teste de identidade, de nível e de forma, das variáveis volume

total com casca (VTcc) e volume total sem casca (VTsc), para três possíveis combinações dos dez municípios estudados.

Observando-se esta mesma Tabela, pode-se notar que tanto para o volume total com casca quanto para o volume total sem casca não existe identidade para a combinação que contém os municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10), pois esta combinação foi significativa para os três testes analisados.

Ainda na Tabela 42, pode-se constatar que houve similaridade entre os municípios de Bambuí (1), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10), e entre os municípios de Campo do Meio (2) e Ibiá (5), para as duas variáveis dependentes. Formaram-se, assim, dois grupos diferentes, com nove dos dez municípios estudados.

TABELA 42 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc) e para as combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VTcc	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Identidade	0,0066	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Nível	0,0256	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Forma	0,0051	S
	1 3 4 6 7 8 9 10	Identidade	0,1619	NS
	1 3 4 6 7 8 9 10	Nível	0,4	NS
	1 3 4 6 7 8 9 10	Forma	0,1091	NS
	2 5	Identidade	0,6111	NS
	2 5	Nível	0,4876	NS
	2 5	Forma	0,4256	NS

...continua...

TABELA 42, Cont.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Identidade	0,0288	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Nível	0,0477	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Forma	0,0242	S
VTsc	1	3	4	6	7	8	9	10			Identidade	0,2601	NS
	1	3	4	6	7	8	9	10			Nível	0,5405	NS
	1	3	4	6	7	8	9	10			Forma	0,2004	NS
					2	5					Identidade	0,45	NS
					2	5					Nível	0,6995	NS
					2	5					Forma	0,3429	NS

Já na Tabela 43 estão apresentados os valores de probabilidade de F dos três testes analisados (identidade, nível e forma), para os mesmos dez municípios e para as variáveis volume de fuste com e sem casca.

Nesta mesma Tabela pode ser observado que, assim como para o volume total, também para o volume de fuste, tanto com casca quanto sem casca, não houve identidade entre os municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10). Isso porque apenas o teste de forma não foi significativo para a variável volume de fuste com casca e para a variável volume de fuste sem casca. Mesmo que os testes de nível e forma tenham sido não significativos, o teste de identidade foi significativo.

TABELA 43 Valores de probabilidade de F, para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc), e para as combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VFcc	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Identidade	0,0151	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Nível	0,0418	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Forma	0,1926	NS
	1 2 3 4 5 7 8 9 10	Identidade	0,0712	NS
	1 2 3 4 5 7 8 9 10	Nível	0,0625	NS
	1 2 3 4 5 7 8 9 10	Forma	0,2733	NS
VFsc	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Identidade	0,0237	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Nível	0,3568	NS
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Forma	0,3338	NS
	1 2 3 4 5 7 8 9 10	Identidade	0,1936	NS
	1 2 3 4 5 7 8 9 10	Nível	0,4846	NS
	1 2 3 4 5 7 8 9 10	Forma	0,485	NS

Entretanto, a combinação em que o município de Luminárias (6) não estava presente (1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 e 10) não foi significativa para os testes de identidade, nível e forma. Portanto, existe identidade entre os municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10), para as variáveis volume de fuste com casca e volume de fuste sem casca.

Dessa forma, na Tabela 44 são apresentadas as equações de Schumacher e Hall logaritmizadas que podem ser utilizadas para estimar os volumes totais do barbatimão, para o grupo que compreende os municípios de Bambuí (1), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10), e para o grupo que compreende Campo do Meio (2) e Ibiá (5).

Esta mesma Tabela apresenta também as equações referentes ao modelo de Schumacher e Hall logaritmizado que podem ser utilizadas para estimar o

volume de fuste com e sem casca do barbatimão, para a combinação que compreende os municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10), e para o município de Luminárias (6).

TABELA 44 Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m³), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc), e volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc).

Variável	Combinação	Equações	\bar{E} (m ³)	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
Volume total (m ³)	1 3 4 6 7 8 9 10	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -10,3714302627 + 2,3619338949 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,8005324913 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0009	97,34	0,016	18,97
		$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -11,1041647393 + 2,5283075999 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,6928708613 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0019	95,24	0,022	40,85
	2 5	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -10,4351424657 + 2,6226551931 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,4879046801 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0003	98,93	0,014	12,23
		$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -11,4031075007 + 2,8759514799 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,3962439934 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0005	98,53	0,017	21,67
Volume de fuste (m ³)	1 2 3 4 5 7 8 9 10	$\text{Ln}(\text{VFcc}) = -8,9306694509 + 1,1420536919 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,3269332668 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0026	72,90	0,017	50,91
		$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -10,0064307154 + 1,5127701123 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,1439387046 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0015	80,6	0,010	46,19
	6	$\text{Ln}(\text{VFcc}) = -8,8877649322 + 1,6052663933 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,7562000676 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0005	96,31	0,007	16,36
		$\text{Ln}(\text{VFsc}) = -9,4345910796 + 2,0038789755 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,2503899171 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0005	96,51	0,005	16,42

4.2.2 Peso de matéria seca

Os valores de probabilidade de F e a significância dos testes de identidade, nível e forma de possíveis combinações dos dez municípios estudados, para a variável peso de matéria seca, são mostrados na Tabela 45.

Observa-se que a combinação que contém os dez municípios (Bambuí, 1; Campo do Meio, 2; Capitólio, 3; Carmo da Cachoeira, 4; Ibiá, 5; Luminárias, 6; Monte Carmelo, 7; Nazareno, 8; Paraguaçu, 9 e Santo Antônio do Amparo, 10), foi não significativa apenas para o teste de nível e foi significativa para os testes de identidade e de forma. Portanto, não há similaridade entre estes dez municípios.

Entretanto, quando o município de Paraguaçu (9) é retirado da combinação, os testes de identidade, nível e forma passam a ser não significativos, mostrando que há similaridade entre os municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8) e Santo Antônio do Amparo (10). Sendo assim, apenas uma equação logarítmica de Schumacher e Hall pode ser utilizada para se estimar o peso de matéria seca do barbatimão para esta combinação e outra para o município de Paraguaçu (Tabela 46).

TABELA 45 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável peso de matéria seca (PS) e possíveis combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Ant. do Amparo (10).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
PS	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Identidade	0,0174	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Nível	0,1475	NS
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Forma	0,0249	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 10	Identidade	0,0766	NS
	1 2 3 4 5 6 7 8 10	Nível	0,2088	NS
	1 2 3 4 5 6 7 8 10	Forma	0,0956	NS

TABELA 46 Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual, em porcentagem e em m³), para a variável peso de matéria seca (PS).

Combinação	Equações	\bar{E} (t)	R^2 (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
1 2 3 4 5 6 7 8 10	$\text{Ln(PS)} = -11,2875746052 + 2,3822964052 * \text{Ln(Dap)} + 0,9086217316 * \text{Ln(H)}$	-0,0002	96,48	0,011	23,96
9	$\text{Ln(PS)} = -10,1723567144 + 2,1419819825 * \text{Ln(Dap)} + 0,4862440445 * \text{Ln(H)}$	0,0005	91,91	0,005	21,4

4.2.3 Tanino

Os valores de probabilidade de F para os testes de identidade, de nível e de forma da variável tanino, para possíveis combinações dos dez municípios estudados, estão apresentados na Tabela 47.

Conforme pode ser observado nesta mesma Tabela, a combinação que compreende os dez municípios (Bambuí, 1; Campo do Meio, 2; Capitólio, 3; Carmo da Cachoeira, 4; Ibiá, 5; Luminárias, 6; Monte Carmelo, 7; Nazareno, 8; Paraguaçu, 9 e Santo Antônio do Amparo, 10), foi significativa para o teste de identidade, mas não foi significativa para os testes de nível e forma. Portanto, não pode se considerar que exista similaridade, entre os dez municípios, para a variável teor de tanino.

Existe similaridade entre os municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Monte Carmelo (7), e Santo Antônio do Amparo (10) e também entre os municípios de Ibiá (5) e Luminárias (6), pois os três testes analisados foram não significativos para estas duas combinações.

Portanto, apenas uma equação oriunda do modelo de Schumacher e Hall logaritimizado pode ser usada para estimar o teor de tanino dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Monte Carmelo (7) e Santo Antônio do Amparo (10) e outra para os municípios de Ibiá

(5) e Luminárias (6). Já os municípios de Nazareno (8) e Paraguaçu (9), que não são idênticos e não se encaixam em nenhuma combinação não significativa, devem ter uma equação cada um. Assim, são formados quatro grupos distintos com os dez municípios estudados.

TABELA 47 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável tanino e algumas possíveis combinações dos municípios de Bambuí (1), Campo do Meio (2), Capitólio (3), Carmo da Cachoeira (4), Ibiá (5), Luminárias (6), Monte Carmelo (7), Nazareno (8), Paraguaçu (9) e Santo Antônio do Amparo (10).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
Tanino	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Identidade	0,0000	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Nível	0,3759	NS
	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Forma	0,4593	NS
	1 2 3 4 7 10	Identidade	0,208	NS
	1 2 3 4 7 10	Nível	0,2887	NS
	1 2 3 4 7 10	Forma	0,5832	NS
	5 6	Identidade	0,2865	NS
	5 6	Nível	0,4735	NS
	5 6	Forma	0,5546	NS

As equações referentes ao modelo de Schumacher e Hall logaritmicado que podem ser utilizadas para estimar o teor de tanino em cada grupo de combinações não significativas e nos municípios de Nazareno (8) e Paraguaçu (9), juntamente com suas medidas de precisão, estão apresentadas na Tabela 48.

TABELA 48 Equações selecionadas para cada combinação, juntamente com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m³), para a variável teor de tanino.

Variável	Combinação	Equações	\bar{E} (mg)	R^2 (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
Tanino	1 2 3 4 7 10	$\text{Ln}(\text{Tan}) = -1,9599421503 + 0,0774511182 * \text{Ln}(\text{Dap}) - 0,0012014617 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0013	2,26	0,022	12,82
	5 6	$\text{Ln}(\text{Tan}) = -2,0035842767 - 0,0026876753 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,0604017623 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0003	0,00	0,010	6,98
	8	$\text{Ln}(\text{Tan}) = -1,7658535913 + 0,1084176404 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,0246137904 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0009	6,77	0,023	9,91
	9	$\text{Ln}(\text{Tan}) = -1,6050996257 - 0,005597955 * \text{Ln}(\text{Dap}) - 0,2213536241 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0001	44,04	0,005	4,25

4.3 Comportamento do volume

Os valores médios de volume de fuste e de volume de galhos até 3 cm de diâmetro com casca e suas respectivas porcentagens estão apresentados na Tabela 49, por classe diamétrica, para cada um dos dez municípios estudados.

Como pode ser observado nesta mesma Tabela e na Figura 37, em todos os dez municípios estudados existe tendência de diminuição da porcentagem do volume fuste e de aumento da porcentagem do volume de galhos, à medida que se aumentam as classes diamétricas.

Nesta mesma Tabela 49, ao se observar a porcentagem média de fuste e de galhos, nota-se que para os municípios de Campo do Meio e Luminárias, as árvores de barbatimão possuem, em média, mais volume de fuste do que de galhos. Para Campo do Meio, estes valores são iguais a 56% e 44,01%, respectivamente e, para Luminárias, 53,5% e 46,51%. Já para os municípios de Bambuí, Capitólio, Carmo da Cachoeira, Ibiá, Monte Carmelo, Nazareno, Paraguaçu e Santo Antônio do Amparo, ocorre o contrário. Os valores de

porcentagem de fuste e de galhos iguais a 43,84% e 56,16%; 47,91% e 52,09%; 38,48% e 61,52%; 46,06% e 55,40%; 44,14% e 55,86%; 48,87% e 51,12%; 47,86% e 52,14%; 47,65% e 52,34%, respectivamente, para cada município acima citado.

Os valores de porcentagem de galhos encontrados por este estudo são superiores aos encontrados por outros autores quando trabalhavam com espécies diferentes. Felfili (1983) realizou a cubagem rigorosa da copa de árvores de florestas nativas no norte do estado do Mato Grosso e concluiu que o volume de galhos representa cerca de 30% do volume total das árvores daquelas florestas. E Campos et al. (1992), estudando o volume de *Eucalyptus saligna*, em Viçosa, MG, concluíram que o volume médio de madeira da copa em relação ao volume total das árvores foi de 35,5%.

Entretanto, Scolforo et al. (2004), estudando o comportamento do volume da candeia, citam que em espécies nativas, que normalmente crescem em campo aberto, a proporção do volume contido na copa aumenta à medida em que as árvores ficam maiores. O que é coerente com a tendência encontrada neste estudo. Já em matas ou em plantios, onde o espaçamento entre as árvores é mais adensado, a proporção entre o volume contido nas copas em relação ao volume contido no fuste é pequena.

TABELA 49 Valores médios de volume de fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca para o barbatimão, em metros cúbicos e em porcentagem, para cada classe diamétrica (CLD).

Volume						Volume					
Município	CLD	Fuste		Galhos		Município	CLD	Fuste		Galhos	
		m ³	%	m ³	%			m ³	%		
Bambuí	5-10	0,01051	71,21	0,00425	28,79	Luminárias	5-10	0,01001	68,47	0,00462	31,56
	10-15	0,02062	44,54	0,02567	55,46		10-15	0,03670	60,05	0,02442	39,95
	15-20	0,03993	30,78	0,08982	69,22		15-20	0,04987	44,15	0,06309	55,85
	20-25	0,07047	28,84	0,17385	71,16		20-25	0,08857	42,95	0,11764	57,05
	Média	0,32525	43,84	0,67475	56,16		Média	0,46355	53,50	0,53645	46,51
Campo do Meio	5-10	0,02088	86,66	0,00322	13,35	Monte Carmelo	5-10	0,00879	45,89	0,01037	54,11
	10-15	0,03919	62,76	0,02326	37,24		10-15	0,02696	45,83	0,03187	54,17
	15-20	0,05917	37,71	0,09774	62,29		15-20	0,03647	40,10	0,05447	59,90
	20-25	0,07691	30,48	0,17544	69,52		20-25	-	-	-	-
	Média	0,40887	56,00	0,59114	44,01		Média	0,42868	44,14	0,57132	55,86
Capitólio	5-10	0,00858	69,19	0,00382	30,81	Nazareno	5-10	0,00851	78,07	0,00239	21,91
	10-15	0,02421	51,71	0,02261	48,29		10-15	0,02664	56,07	0,02088	43,93
	15-20	0,03583	34,90	0,06684	65,10		15-20	0,02977	27,92	0,07686	72,08
	20-25	0,06034	31,80	0,12943	68,20		20-25	0,07103	33,44	0,14138	66,56
	Média	0,37433	47,91	0,62567	52,09		Média	0,36017	48,87	0,63981	51,12
Carmo da Cachoeira	5-10	0,01184	65,81	0,00615	34,19	Paraguaçu	5-10	0,00914	57,89	0,00665	42,11
	10-15	0,02102	38,64	0,03339	61,37		10-15	0,03600	54,00	0,03066	46,00
	15-20	0,03030	31,99	0,06444	68,02		15-20	0,03225	26,30	0,09037	73,70
	20-25	0,03934	17,49	0,18557	82,51		20-25	-	-	-	-
	Média	0,26146	38,48	0,73858	61,52		Média	0,39747	47,86	0,60251	52,14
Ibiá	5-10	0,01220	64,52	0,00671	35,48	Santo Antônio do Amparo	5-10	0,00881	56,51	0,00678	43,48
	10-15	0,02795	48,67	0,02948	51,33		10-15	0,01615	46,34	0,01870	53,66
	15-20	0,05499	40,64	0,08031	59,36		15-20	0,03894	41,34	0,05524	58,65
	20-25	0,08301	30,39	0,20609	75,44		20-25	0,05904	36,40	0,10313	63,59
	Média	0,36747	46,06	0,66539	55,40		Média	0,42644	47,65	0,57352	52,34

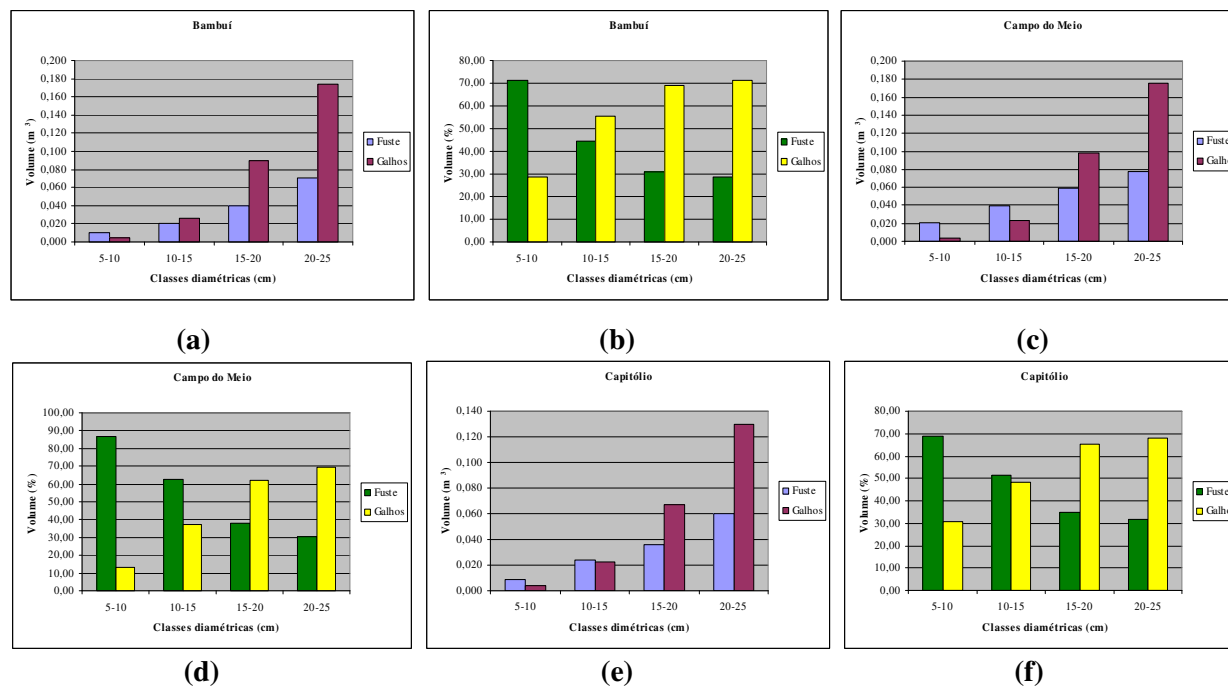
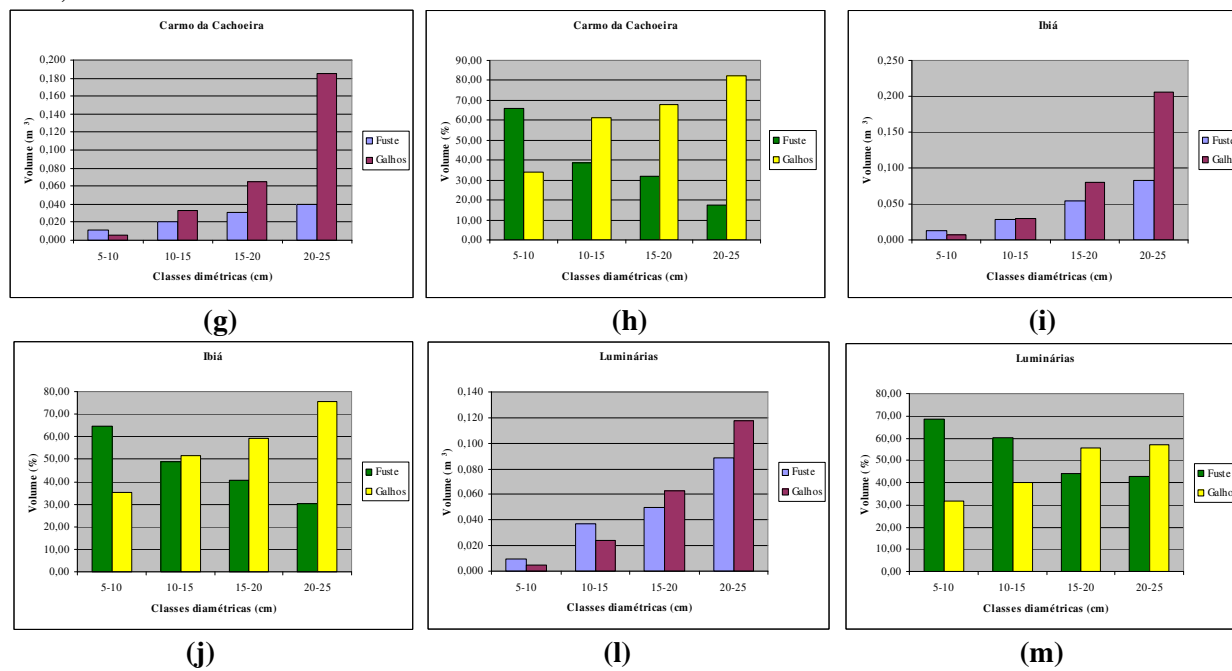


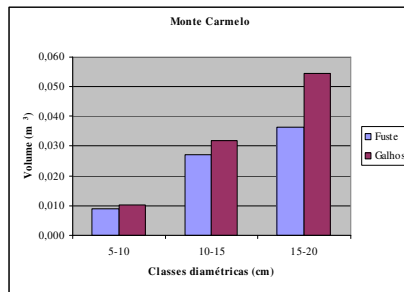
FIGURA 37 Gráficos de comportamento do volume no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c), (e), (g), (i), (l), (n), (p), (r) e (t) representam o volume, em metros cúbicos, para os dez municípios, e (b), (d), (f), (h), (j), (m), (o), (q), (s) e (u) representam o volume em porcentagem para os mesmos dez municípios. (... continua...)

FIGURA 37, Cont.

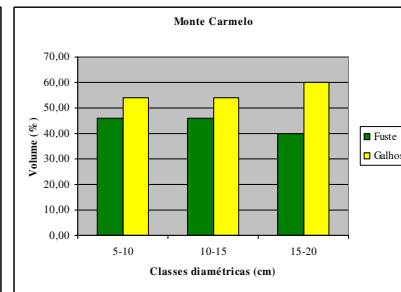


(... continua...)

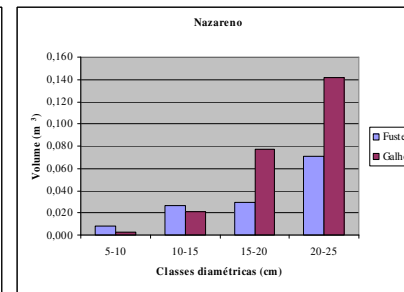
FIGURA 37, Cont.



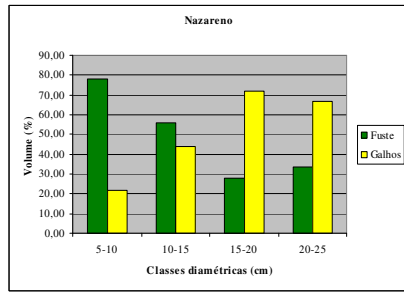
(n)



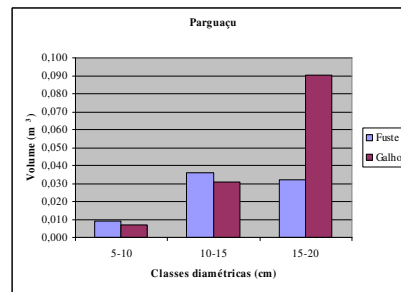
(o)



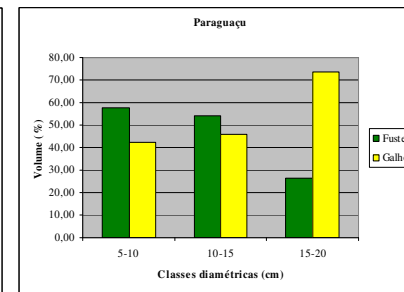
(p)



(q)



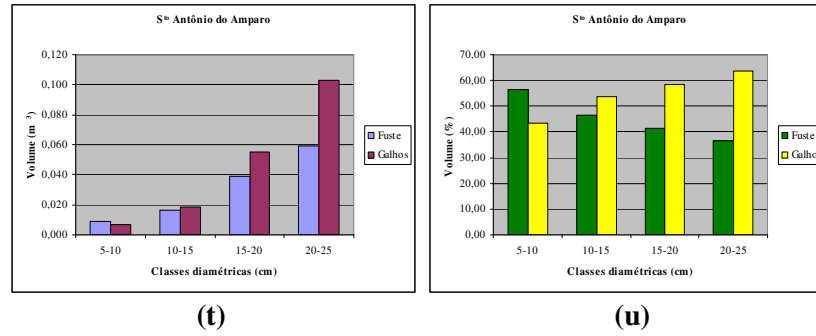
(r)



(s)

(... continua...)

FIGURA 37, Cont.



4.4 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca

A Tabela 50 e da Figura 38 mostram o comportamento da densidade básica do barbatimão por classe diamétrica. Pelos dados da Tabela 50, observa-se que a densidade no fuste varia de 0,40 a 0,64g/cm³, com predominância de valores entre 0,50 e 0,57g/cm³. Já nos galhos, a faixa de densidade varia de 0,42 a 0,60g/cm³ e predominam os valores entre 0,50 e 0,55 g/cm³.

Percebe-se que não existe uma tendência clara de diminuição ou de aumento da densidade com o aumento da classe diamétrica, tanto para fuste quanto para galhos, na maioria dos municípios estudados. Porém, para o município de Monte Carmelo, existe a tendência de aumento da densidade básica do fuste e dos galhos, e para o município de Paraguaçu, existe a tendência de diminuição da mesma, à medida que se aumenta a classe diamétrica.

Os valores de densidade encontrados neste estudo assemelham-se aos do estudo desenvolvido por Vale et al. (2002) em que a variação da densidade básica da madeira de espécies do Cerrado situa-se na faixa de 0,20 a 0,78 g/cm³.

Também na Tabela 50 pode ser observado que, para a maioria dos municípios, a densidade básica do fuste é maior que a densidade básica dos galhos, exceto para os municípios de Campo do Meio, Paraguaçu e Santo Antônio do Amparo, que tiveram a densidade básica dos galhos superior a densidade básica do fuste.

E, ainda na Tabela 50, estão presentes os valores médios de peso de matéria seca por classe diamétrica, para cada um dos dez municípios estudados. Observa-se, nesta mesma Tabela e na Figura 39, que há um acréscimo no peso de matéria seca conforme se aumenta a classe diamétrica das árvores.

Essa mesma tendência foi observada por Scolforo et al. (2004) e por Camolesi (2007), estudando o comportamento do peso de matéria seca para a candeia.

TABELA 50 Valores médios de densidade básica do fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em g/cm³, e de peso de matéria seca, em toneladas, para o barbatimão, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD).

Município	Densidade básica (g/cm ³)				Município	Densidade básica (g/cm ³)			
	CLD	Fuste	Galhos	Peso Seco (t)		CLD	Fuste	Galhos	Peso Seco (t)
BambuÍ	5-10	0,51675	0,46550	0,0072	Luminárias	5-10	0,50425	0,48800	0,0073
	10-15	0,51050	0,48500	0,0228		10-15	0,52167	0,53433	0,0326
	15-20	0,57300	0,54050	0,0714		15-20	0,48175	0,51525	0,0563
	20-25	0,56600	0,54675	0,1349		20-25	0,47975	0,49125	0,0979
	Média	0,54156	0,50944	0,0591		Média	0,49685	0,50721	0,0485
Campo do Meio	5-10	0,50250	0,52075	0,0124	Monte Carmelo	5-10	0,48600	0,48900	0,0093
	10-15	0,54050	0,52075	0,0329		10-15	0,52267	0,50233	0,0301
	15-20	0,52475	0,53200	0,0822		15-20	0,54800	0,50300	0,0474
	20-25	0,48567	0,51167	0,1258		20-25	-	-	-
	Média	0,51335	0,52129	0,0633		Média	0,51889	0,49811	0,0289
Capitólio	5-10	0,47225	0,47325	0,0059	Nazareno	5-10	0,52250	0,45750	0,0053
	10-15	0,52433	0,49533	0,0237		10-15	0,55175	0,53150	0,0254
	15-20	0,44900	0,43950	0,0453		15-20	0,53925	0,52750	0,0568
	20-25	0,52900	0,51300	0,0985		20-25	0,55375	0,52550	0,1141
	Média	0,49365	0,48027	0,0433		Média	0,54181	0,51050	0,0504
Carmo da Cachoeira	5-10	0,50825	0,49550	0,0091	Paraguaçu	5-10	0,43675	0,46375	0,0078
	10-15	0,56050	0,50325	0,0279		10-15	0,42975	0,43025	0,0278
	15-20	0,59125	0,51025	0,0498		15-20	0,40233	0,42167	0,0421
	20-25	0,64200	0,54300	0,1273		20-25	-	-	-
	Média	0,57550	0,51300	0,0536		Média	0,42294	0,43856	0,0259
Ibiá	5-10	0,49250	0,49275	0,0093	Santo Antônio do Amparo	5-10	0,60225	0,55725	0,0068
	10-15	0,48925	0,47925	0,0276		10-15	0,61125	0,60900	0,0159
	15-20	0,54850	0,51050	0,0712		15-20	0,53267	0,53567	0,0379
	20-25	0,51700	0,51525	0,1387		20-25	0,41300	0,54100	0,0663
	Média	0,51181	0,49944	0,0617		Média	0,53979	0,56073	0,0317

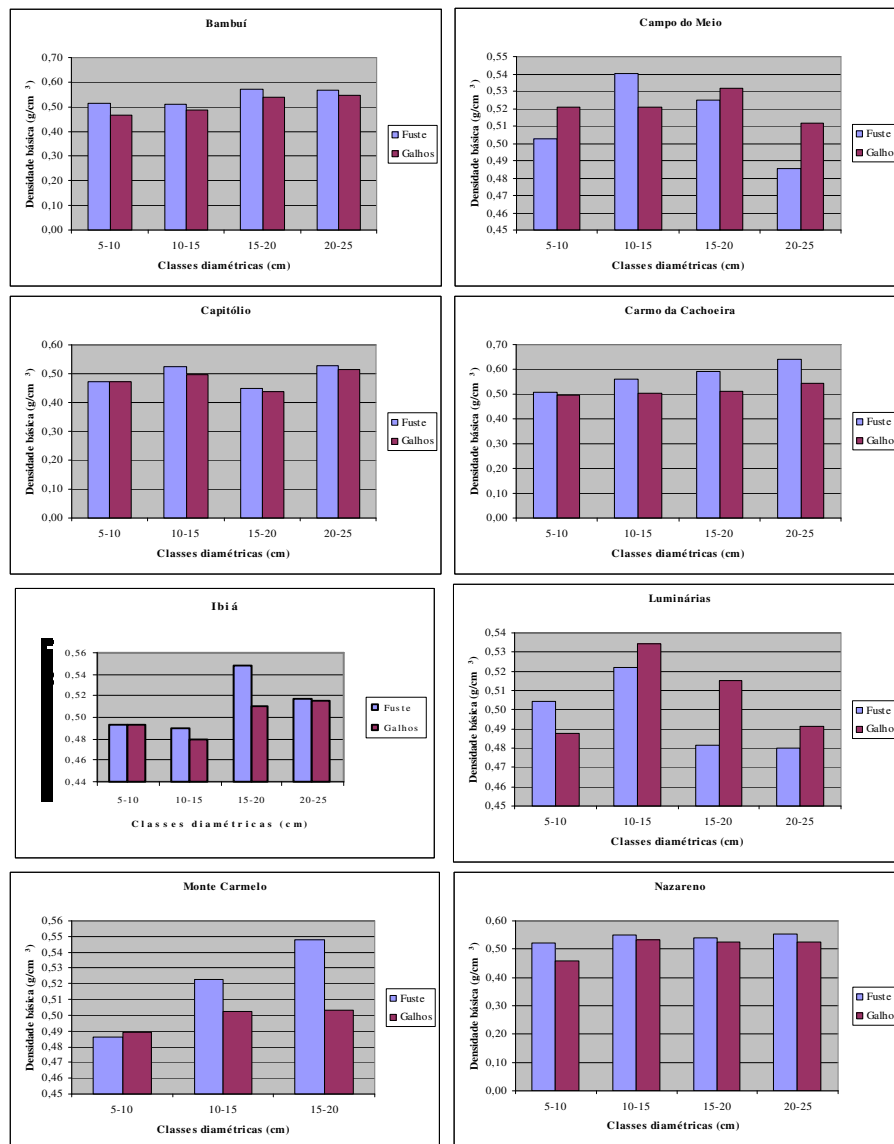


FIGURA 38 Gráficos de comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD). (...continua...)

FIGURA 38, Cont.

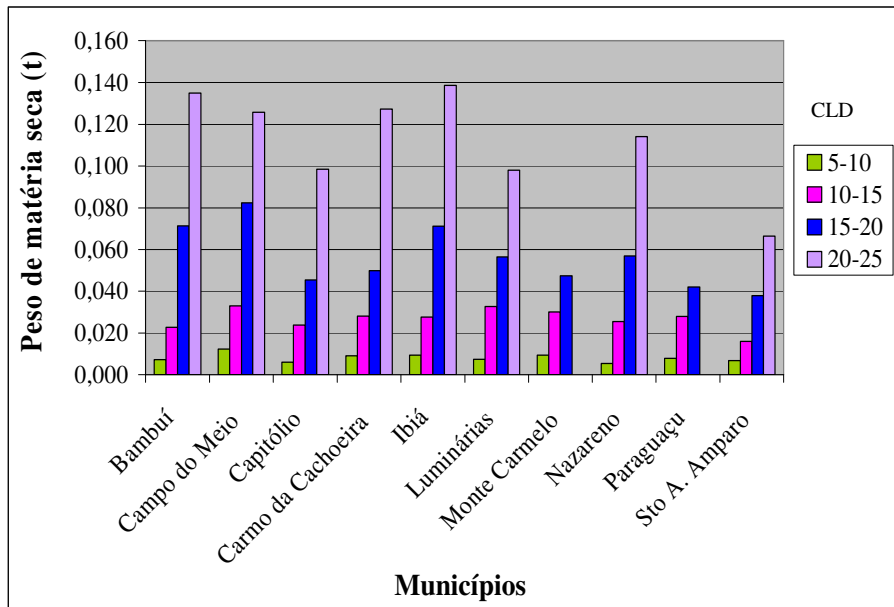
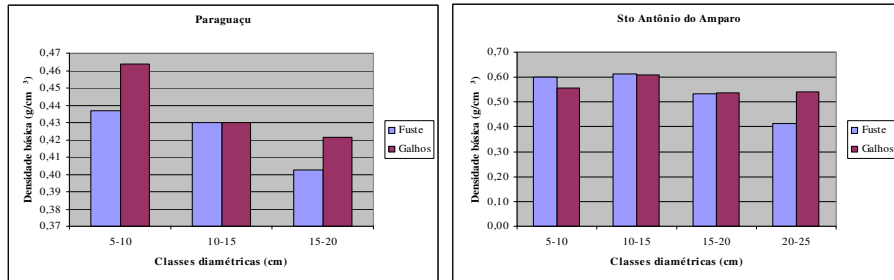


FIGURA 39 Distribuição do peso de matéria seca (t) do barbatimão em relação às classes diamétricas (CLD), para os dez municípios estudados.

4.5 Comportamento do teor de tanino

Pela análise da Tabela 51 e Figura 40, nota-se que, assim como para a variável densidade básica, o teor de tanino também não apresenta uma tendência clara de acréscimo ou de decréscimo de seu valor com o aumento da classe de diâmetro.

O município de Bambuí possui 1,102 vez mais tanino na classe diamétrica de 5-10 do que na classe de 10-15 e 1,086 vez mais tanino nas árvores de classe 20-25 do que nas árvores menores (5-10). Campo do Meio possui 1,116 vez mais taninos nas árvores com diâmetro entre 10-15 cm e 1,032 vez mais taninos em árvores com diâmetro entre 20-25 cm, do que árvores com diâmetros entre 5-10 cm. Em Capitólio, as árvores presentes na classe diamétrica de 10-15 cm têm 1,13 vez mais taninos do que as árvores com classe diamétrica de 5-10 cm, e as árvores com diâmetro entre 20-25 cm possuem 1,180 vez mais taninos do que estas. Carmo da Cachoeira possui 1,066 vez mais taninos na classe de 10-15 cm do que na classe de 5-10 cm que, por sua vez, possui 1,084 vez mais taninos que a maior classe (20-25 cm). Já o município de Ibiá possui 1,078 vez mais taninos nas árvores da menor classe (5-10 cm) do que as árvores da classe de 10-15 cm e 1,066 vez mais taninos na classe maior (20-25 cm) do que na menor (5-10 cm). Em Luminárias, as classes de diâmetro de 5-10 cm e de 10-15 cm possuem a mesma quantidade de tanino; já a classe de 20-25 cm possui 0,986 vez mais taninos do que estas. O município de Monte Carmelo também possui a mesma quantidade de tanino nas classes diamétricas de 5-10 cm e de 10-15 cm e a classe diamétrica de 20-25 cm possui 1,019 vez mais taninos do que estas. Em Nazareno, as árvores presentes na menor classe diamétrica (5-10 cm) possuem 1,041 vez mais taninos do que as árvores de diâmetro entre 10-15 cm, entretanto, as árvores com diâmetro entre 20-25 cm possuem 0,966 vez mais taninos do que aquelas com menor diâmetro (5-10 cm). Em Paraguaçu, a classe diamétrica de 5-10 cm possui 1,094 vez mais taninos do que a classe de 10-15 cm e 1,085 vez mais taninos do que a classe de 20-25 cm. E, por último, no município de Santo Antônio do Amparo, árvores com diâmetros inferiores a 10 cm possuem 1,073 vez mais taninos do que aquelas com diâmetro entre 10-15 cm e árvores com diâmetro entre 20-25 cm possuem 1,205 vez mais taninos do que as primeiras.

Os teores de tanino encontrados neste estudo para o barbatimão são superiores aos encontrados por Caldeira et al. (1998), quando quantificaram o teor de tanino da acácia-negra, pois, para o barbatimão, foram encontrados valores variando entre 14% e 24% e, para a acácia-negra, estes autores encontraram valores variando entre 11% e 13,4%.

TABELA 51 Informações médias por classe de diâmetro, do diâmetro em centímetros medido a 1,30m de altura (Dap), da altura total, em metros (H) e do teor de tanino (Tan), em miligramas, do barbatimão, para os dez municípios estudados.

		Classes diamétricas (cm)			
		5-10	10-15	15-20	20-25
BambuÍ	Dap (cm)	8,13	12,53	17,55	22,38
	H (m)	4,39	5,67	6,72	7,01
	Tan (mg)	0,184	0,167	0,184	0,200
Campo do Meio	Dap (cm)	9,1	13,05	17,15	21,83
	H (m)	5,9	6,70	7,85	8,33
	Tan (mg)	0,155	0,173	0,170	0,160
CapitÓlio	Dap (cm)	7,88	12,88	17,05	22,03
	H (m)	3,87	5,18	5,92	6,28
	Tan (mg)	0,161	0,182	0,177	0,190
Carmo da Cachoeira	Dap (cm)	8,93	13,65	16,40	22,13
	H (m)	4,06	5,98	5,93	6,49
	Tan (mg)	0,181	0,193	0,172	0,167
IbiÁ	Dap (cm)	8,98	13,03	17,38	22,05
	H (m)	4,70	5,41	7,67	7,59
	Tan (mg)	0,152	0,141	0,153	0,162
LuminÁrias	Dap (cm)	8,20	13,63	17,20	22,13
	H (m)	3,53	5,49	6,02	6,89
	Tan (mg)	0,144	0,144	0,153	0,142
Monte Carmelo	Dap (cm)	8,88	13,37	16,7	-
	H (m)	3,97	4,70	5,6	-
	Tan (mg)	0,163	0,164	0,160	-
Nazareno	Dap (cm)	8,63	11,58	17,43	21,45
	H (m)	3,39	5,09	5,35	5,93
	Tan (mg)	0,227	0,218	0,271	0,235
Paraguaçu	Dap (cm)	8,18	13,75	16,83	-
	H (m)	5,09	6,60	7,31	-
	Tan (mg)	0,140	0,128	0,129	-
Sto Ant. Amparo	Dap (cm)	8,30	11,05	16,47	20,00
	H (m)	4,09	5,00	6,08	6,10
	Tan (mg)	0,161	0,150	0,195	0,194

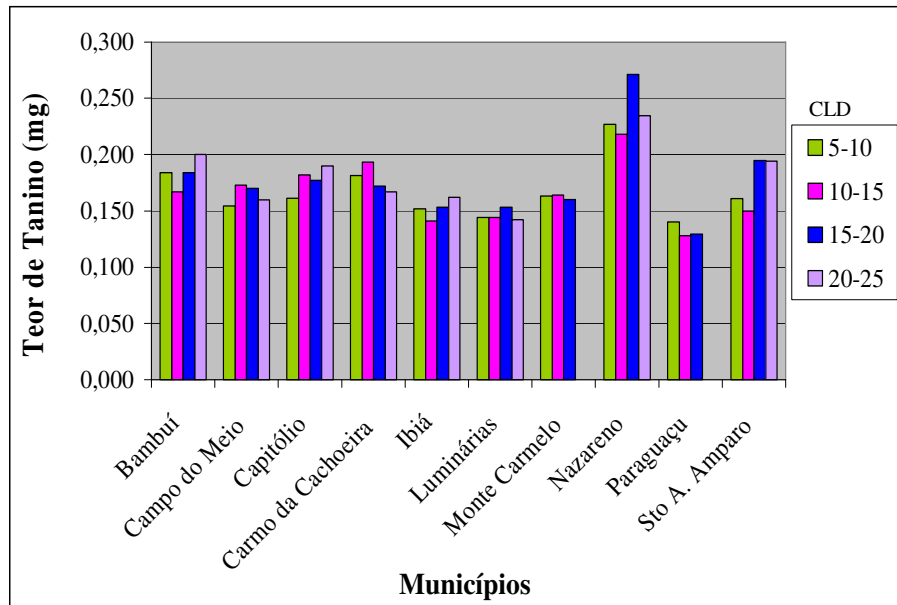


FIGURA 40 Gráfico de comportamento do teor de tanino (mg) em relação às diferentes classes diamétricas (CLD), para os dez municípios estudados.

5 CONCLUSÕES

- O modelo de Schumacher e Hall logaritmizado foi selecionado como o melhor modelo para se fazer estimativas volumétricas, de peso de matéria seca e de produção de tanino do barbatimão, nos dez municípios estudados.
- O teste de identidade entre modelos mostrou, que para as variáveis volume total com casca e volume total sem casca, há a possibilidade de formação de dois grupos. No primeiro estão presentes os municípios de Bambuí, Capitólio, Carmo da Cachoeira, Luminárias, Monte Carmelo, Nazareno, Paraguaçu e Santo Antônio do Amparo, e no segundo os municípios de Campo do Meio e Ibiá.
- Em relação ao volume de fuste com e sem casca, o teste de identidade apontou a similaridade entre nove dos dez municípios estudados, sendo eles, Bambuí, Campo do Meio, Capitólio, Carmo da Cachoeira, Ibiá, Monte Carmelo, Nazareno, Paraguaçu e Santo Antônio do Amparo.
- Para o peso de matéria seca, o teste de identidade também indicou a possibilidade de agrupamento de nove dos dez municípios estudados, sendo eles Bambuí, Campo do Meio, Capitólio, Carmo da Cachoeira, Ibiá, Luminárias, Monte Carmelo, Nazareno e Santo Antônio do Amparo.
- Para o teor de tanino, o teste de identidade indicou a possibilidade de formação de quatro grupos, sendo um com os municípios de Bambuí, Campo do Meio, Capitólio, Carmo da Cachoeira, Monte Carmelo e Santo Antônio do Amparo, um com os municípios de Ibiá e Luminárias, um com Nazareno e um com Paraguaçu.

- Para os dez municípios estudados, existe tendência de diminuição da porcentagem do volume do fuste e de aumento da porcentagem do volume de galhos à medida que se aumentam as classes diamétricas.
- A densidade básica do fuste e galhos teve o seguinte comportamento: à medida que aumenta a classe diamétrica, a densidade aumenta nas árvores do município de Monte Carmelo, diminui nas árvores do município de Paraguaçu e não apresenta tendência clara nos demais municípios.
- O peso de matéria seca tende a aumentar com o aumento da classe diamétrica das árvores, nos dez municípios estudados.
- Não existe tendência clara de acréscimo ou de decréscimo do teor de tanino com o aumento da classe diamétrica, para os dez municípios.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em Mata Secundária no município de Rio Vermelho, MG.** 1996. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M. dos; VIEGAS, J., PEREIRA, J. C. Quantificação de tanino em três povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.37, p.81-88, jul./dez. 1998.

CAMOLESI, J. F. **Volumetria e teor alfa-bisabolol para Candeia *Eremanthus erythropappus*.** 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A.; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucaliptos de grande porte. **Revista Árvore**, v.16, n.3, p.319-336, 1992.

CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país: relatório final.** Belo Horizonte, 1995.

FELFILI, J. M. **Avaliação do potencial florestal e dos resíduos de exploração das florestas do norte do Estado do Mato Grosso.** 1983. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model.** Belmont: Duxbury , 1976. 704p.

PANSHIN, A. J.; HARRAR, E. S.; BETHEL, J. S.; BAKER, W. J. **Forest products: their sources, production, and utilization.** 2.ed. New York: MacGraw-Hill, 1962. 538p.

RESENDE, S. J. Nutrição mineral do barbatimão. **Revista Seiva**, Viçosa, MG, p.23-32, 1972.

SANTOS, J. dos. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** 1996. 121p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. de; CAMOLESI, J. F.; BORGES, F.R.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.87-102, 2004.

SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. Equações de volume para uma floresta secundária no planalto do Tapajós – Belterra, PA. Curitiba. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.8/9, p.1-15, 1984.

SILVA, T. S. S. **Estudo de tratabilidade físico-química com uso de taninos vegetais em água de abastecimento e de esgoto.** 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.

RUGILHO, P. F.; CAIXETA, R. P.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Avaliação do conteúdo em taninos condensados de algumas espécies típicas do cerrado mineiro. **Revista Cerne**, Lavras, v.3, n.1, p.1-13, 1997.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002.

CAPÍTULO 6

**AJUSTE, SELEÇÃO E TESTE DE IDENTIDADE DE MODELOS PARA
AS VARIÁVEIS VOLUME, PESO DE MATÉRIA SECA E CORTIÇA DO
PAU-SANTO (*Kielmeyra coriacea*), EM MINAS GERAIS**

1 RESUMO

RUFINI, Ana Luiza. Ajuste, seleção e teste de identidade de modelos para as variáveis volume, peso de matéria seca e cortiça do pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), em Minas Gerais. In: _____. **Volumetria, peso de matéria seca, teor de tanino e cortiça para o Cerrado Sensu Stricto em Minas Gerais**. 2008. Cap.6, p.204-264. Dissertação (Mestrado em Florestas de Produção) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O objetivo deste estudo foi ajustar, selecionar e testar a identidade entre modelos que estimem os volumes total e de fuste, o peso de matéria seca e a cortiça do pau-santo, além de demonstrar o comportamento do volume, da porcentagem de casca, da densidade básica e do peso de matéria seca, nas diferentes classes diamétricas para esta mesma espécie em 9 municípios situados nas bacias do rio Grande/Alto Paranaíba em Minas Gerais. Para isto, realizou-se cubagem pelo método de Huber, em 88 árvores de pau-santo distribuídas em 9 municípios. Para a determinação da densidade básica e a medição da espessura de casca, foram utilizados discos coletados nas alturas correspondentes a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial. A acurácia dos modelos foi avaliada pelo R^2 , Syx e análise dos resíduos e para testar a identidade de modelos foi usado o método de Graybill (1976). Os ajustes e os testes de identidade foram realizados pelo software Sisflor. O modelo selecionado para todas as variáveis testadas nos nove municípios foi o de Schumacher e Hall logaritimizado. Quanto ao teste de identidade, notou-se que, para a variável volume total, existe a possibilidade de formação de três grupos, um com os municípios 1, 2, 3, 5, 6 e 9, um com 4 e 7, e outro com 8. Para o volume de fuste, o teste também mostrou a possibilidade de formação de três grupos: 1, 4, 6, 7 e 9; 2, 3 e 8; e 5. Para o peso de matéria seca, houve a possibilidade de agrupamento de sete municípios (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9). Já para o volume de casca, o teste indicou a possibilidade de formação de dois grupos: 1, 2, 5, 6, 8 e 9; e o segundo, com 3, 4 e 7. Em relação ao comportamento do volume, observou-se tendência da porcentagem desse em diminuir no fuste e aumentar nos galhos com o aumento do diâmetro. Quanto à densidade básica, nos municípios 1, 2, 3 e 4 há um acréscimo com o aumento do diâmetro; nos municípios 5, 6 e 8 ocorre o contrário e nos demais municípios nenhuma tendência clara foi encontrada. Já para o peso de matéria seca existe tendência de acréscimo deste à medida que aumentam os diâmetros. Nos municípios 3, 4, 5, 7 e 9, a porcentagem de casca

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello - UFLA (co-orientador).

diminui à medida que os diâmetros aumentam; nos municípios 1 e 8 ocorre o contrário e nos demais não existe tendência clara.

Palavras-chave: Cubagem rigorosa, similaridade, densidade básica.

2 ABSTRACT

RUFINI, Ana Luiza. Adjustment, selection and identity test of models for the variables volume, dry matter weight and pau-santo's cork (*Kielmeyera coriacea*), in Minas Gerais. In:_____. **Volumetry, dry matter weight, tannin and cork content to the savannah (cerrado) in Minas Gerais**. 2008. Cap.6, p.204-264. Dissertation (Master's degree in Forests of Production) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The objective this studie of adjusting, selecting and testing the identity among models that estimate total volume and shaft, the dry matter weight and the pau-santo's cork, besides demonstrating the behavior of the volume, the bark percentage, the basic density and the dry matter weight, in the different diametric classes for this species in 9 counties located in the Grande/Alto Paranaíba River basin in Minas Gerais. For this purpose, cubage using Huber's method was accomplished in 88 pau-santo trees distributed in 9 counties. For determining the basic density and the measurement of the bark thickness, disks were used collected in the heights corresponding to 0%, 25%, 50%, 75% and 100% of the commercial height. The accuracy of the models was evaluated by R^2 , Syx and analysis of the residues and to test the identity of models, the used method was the Graybill (1976). The fittings and the identity tests were accomplished using the Sisflor software. The selected model for all the variables tested in the 9 counties was the one of Schumacher and Hall logarithmized. Regarding the identity test, it was noticed that, for the variable total volumes, the possibility of formation of three groups exists, one with the counties 1, 2, 3, 5, 6 and 9, one with 4 and 7, and other with 8. For the shaft volumes, the test also showed the possibility of formation of three groups: 1, 4, 6, 7 and 9; 2, 3 and 8; and 5. For the dry matter weight, there was the possibility of grouping seven counties (1, 2, 3, 4, 5, 6 and 9). For the bark volume, the test indicated the possibility of formation of two groups: 1, 2, 5, 6, 8 and 9; and the second, with 3, 4 and 7. Regarding the behavior of the volume, it was observed a tendency the percentage of decrease of the shaft and increase of the branches with the increase of diameter. Regarding the basic density, in the counties 1, 2, 3 and 4 there is an increment with the increase of diameter; in the counties 5, 6 and 8 the opposite occurs and in the other counties no clear tendency was found. For the dry matter weight, there is tendency of increment of this as the diameter increase. In the counties 3, 4, 5, 7 and 9, the bark percentage decreases as the

¹ Comitê orientador: José Roberto Soares Scolforo - UFLA (orientador); Antônio Donizette de Oliveira - UFLA (co-orientador); José Márcio de Mello - UFLA (co-orientador).

diameter increase; in the counties 1 and 8 the opposite occurs and in the others there is not clear tendency.

Key-Words: rigorous cubage, similarity, basic density.

3 INTRODUÇÃO

Localizado em uma área estratégica, onde ocorre a transição entre três biomas brasileiros (Floresta Atlântica, Cerrado e Caatinga) está o estado de Minas Gerais, cuja maior parte pertence ao bioma Cerrado.

O Cerrado possui uma rica variabilidade de espécies florestais, sendo considerado um dos biomas mais ricos do planeta, com cerca de 10 mil espécies de plantas, entre arbóreas, arbustivas e herbáceas, e 4.400 espécies endêmicas (Silva et al., 2007). Algumas destas espécies encontradas no Cerrado possuem alto valor econômico, seja pela qualidade de suas madeiras ou pelo valor dos produtos que delas podem ser retirados, como a casca, que pode ser utilizada para a fabricação da cortiça.

A cortiça é considerada um produto florestal não madeirável, muito utilizada no processamento industrial, tanto na sua forma original como reduzida a pó e agregada a novas substâncias. Pode ser empregada como isolante térmico (refrigeradores, aquecedores, estufas, etc.), rolhas, sapatos, salva-vidas, tapetes, palmilhas, etc. Os desperdícios são aproveitados na indústria do linóleo, na serragem da cortiça e na fabricação de aglomerados (Fortes, 1989).

Um exemplo de espécie de alto valor econômico é o pau-santo (*Kielmeyera coriacea*), que ocorre com frequência nos Cerrados e é facilmente encontrada em Minas Gerais, pois fornece madeira de boa qualidade e é tida como a principal espécie arbórea produtora de cortiça (Dionello & Basta, 1980). É considerada, ainda, uma espécie promissora devido à sua abundância, acessibilidade e facilidade para coleta do material corticoso.

Porém, para que não ocorra a exploração desordenada do pau-santo e para que a sua produção tenha bases sustentadas, os planos de manejo

sustentável para esta espécie devem visar a obtenção de múltiplos produtos, sendo necessário, para isso, o conhecimento do seu potencial produtivo.

Sendo assim, o volume, o peso seco e a quantidade de cortiça total, comercial ou de partes da árvore de pau-santo são variáveis de grande interesse a serem estimadas em florestas sujeitas à prática de manejo florestal sustentável. Pois, se estes são estimados com precisão, os planos de manejo florestal e as análises de investimento podem ser realizados com precisão.

Portanto, para balizar as análises de investimentos e controlar os planos de manejo para a espécie *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), o objetivo geral deste estudo foi selecionar modelos para estimar o volume, o peso de matéria seca e a produção de cortiça do pau-santo na bacia do rio Grande/Alto Paranaíba. Os objetivos específicos foram:

- selecionar equações de volume, peso de matéria seca e de cortiça para a espécie *Kielmeyera coriacea* (pau-santo), em nove áreas situadas na bacia do rio Grande/Alto Paranaíba;
- avaliar, para o pau-santo, a similaridade nas áreas de estudo para as variáveis volume, peso de matéria seca e cortiça;
- mostrar o comportamento do volume distribuído no fuste e copa até galhos com 3 cm de diâmetro, do peso de matéria seca e da cortiça, distribuídos em diferentes classes diamétricas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Seleção de equações

4.1.1 Volume total

Os valores das medidas de precisão dos 12 modelos testados em cada município, para a variável volume total com casca, são mostrados na Tabela 52. Conforme se pode ser observado, todos os modelos apresentaram valores altos de coeficiente de determinação (variando entre 70% e 99%, com predominância de valores superiores a 99%) e valores baixos de erro padrão residual (variando entre 6% e 34%, com predominância de valores entre 13% e 19%), em todos os nove municípios estudados.

Na mesma Tabela verifica-se que o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou valores de R^2 variando entre 79,3% e 97,3%. Este mesmo modelo apresentou também valores de Syx variando entre 13,31% e 22,78%. Os valores altos de coeficiente de determinação encontrados por este modelo mostram que as variáveis independentes estão explicando de maneira satisfatória a variação da variável dependente. Já os valores baixos do erro padrão residual devem-se à baixa variabilidade encontrada na amostra.

Entretanto, estas duas estatísticas, coeficiente de determinação e erro padrão residual, utilizadas isoladamente, não são suficientes para o julgamento da precisão do modelo. Então, analisando-se a distribuição gráfica dos resíduos (Figura 41), observa-se que o modelo de Schumacher e Hall logaritmico não apresenta tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo de toda a linha de regressão.

TABELA 52 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume total com casca do pau-santo.

Modelos	Medidas de precisão	Alpino-polis	BambuÍ	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Alegre	Monte Carmelo	Nazareno	Sto. Ant. Amparo	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	93,77	92,4	94,73	89,95	96,12	94,2	95,4	70,96	82,18
	Syx (%)	14,12	21,09	18,34	26,49	13,48	13,47	21,66	26,63	27,84
	\bar{E} (m^3)	-1E-09	-1E-09	-6E-09	7E-09	2,28E-09	5,86E-09	-4,87E-10	8,31E-10	6,83E-09
Brenac	R^2 (%)	97,95	88,32	97,04	95,29	94,02	94,5	92,29	70,87	84,77
	Syx (%)	13,83	20,66	18,51	27,09	15,73	13,29	21,5	29,43	27,89
	\bar{E} (m^3)	0,00017	0,00036	0,00048	0,00090	0,00014	0,00019	0,00146	0,00043	0,00119
Spurr	R^2 (%)	87,01	86,97	96,75	93,51	96,17	88,36	98,12	85,78	94,37
	Syx (%)	20,39	27,61	14,41	21,3	13,38	19,07	13,84	18,64	15,65
	\bar{E} (m^3)	-3E-09	-1E-09	-4E-08	-2E-08	-1,07E-08	-9,13E-09	-6,50E-09	-6,53E-09	-2,20E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	93,6	93,3	96,58	93,83	96,46	94,63	98,23	82,1	94,59
	Syx (%)	14,31	19,8	14,77	20,75	12,87	12,95	13,44	20,91	15,34
	\bar{E} (m^3)	-0,0004	-0,0003	-0,00021	0,00051	0,00001	0,00016	0,00058	-0,00018	0,00044
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	96,54	88,39	97,13	97,3	93,97	94,45	94,03	79,3	92,17
	Syx (%)	16,22	21,77	15,9	22,78	13,31	17,14	15,36	21,57	18,31
	\bar{E} (m^3)	0,00010	0,00056	-0,00019	0,00085	0,00049	0,00029	0,00158	0,00045	0,00108
Honner	R^2 (%)	88,6	85,18	95,68	93,05	95,17	91,08	97,19	82,42	91,66
	Syx (%)	19,1	29,45	16,61	22,04	15,03	16,7	16,93	20,72	19,04
	\bar{E} (m^3)	0,00065	0,00200	-0,00035	0,00182	0,00135	0,00050	0,00435	0,00021	0,00073
Ogaya	R^2 (%)	89,88	89,87	96,92	93,99	96,37	91,8	98,26	85,67	94,84
	Syx (%)	18	24,35	14,03	20,5	13,02	16,01	13,31	18,71	14,98
	\bar{E} (m^3)	-0,0009	-0,0013	-0,00041	0,00049	-0,00043	-0,00080	0,00055	0,00053	0,00091

...continua...

TABELA 52, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	97,83	94,66	96,18	92,73	95,82	95,25	98,08	86,07	94,41
	Syx (%)	8,33	17,67	15,62	22,53	13,98	12,18	13,98	18,44	15,6
	\bar{E} (m ³)	6E-09	1E-08	-1E-08	1E-08	2,85E-08	3,89E-08	-5,44E-08	5,33E-09	2,71E-08
Naslund	R ² (%)	98,76	99,71	98,44	97,35	98,79	98,29	98,98	98,21	98,2
	Syx (%)	12,57	6,65	15,71	20,82	13,14	14,74	14,09	14,75	15,87
	\bar{E} (m ³)	0,22142	0,03556	0,00399	-0,59272	-0,07830	0,14257	-0,10251	0,11939	0,02703
Takata	R ² (%)	86,71	85,71	96,43	93,29	95,49	87,33	97,97	84,84	92,32
	Syx (%)	20,62	28,92	15,1	21,65	14,53	19,9	14,38	19,24	18,27
	\bar{E} (m ³)	0,00053	0,00093	0,00030	0,00125	0,00066	0,00049	0,00261	0,00068	0,00152
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	95,66	80,72	97,34	97,6	94,18	94,4	94,46	81,95	91,94
	Syx (%)	20,25	34,03	15,4	21,45	14,96	19,16	14,12	19,58	18,88
	\bar{E} (m ³)	0,00028	0,00133	-0,00020	0,00085	0,00069	0,00036	0,00142	0,00045	0,00117
Meyer	R ² (%)	98,53	92,35	86,01	97,5	90,31	99,48	77,28	77,63	93,77
	Syx (%)	6,87	21,17	28,87	11,76	28,94	4,04	24,77	23,37	16,47
	\bar{E} (m ³)	2E-08	-6E-09	0,00055	0,00925	-0,01358	2,33E-08	0,02146	3,35E-09	-2,80E-08

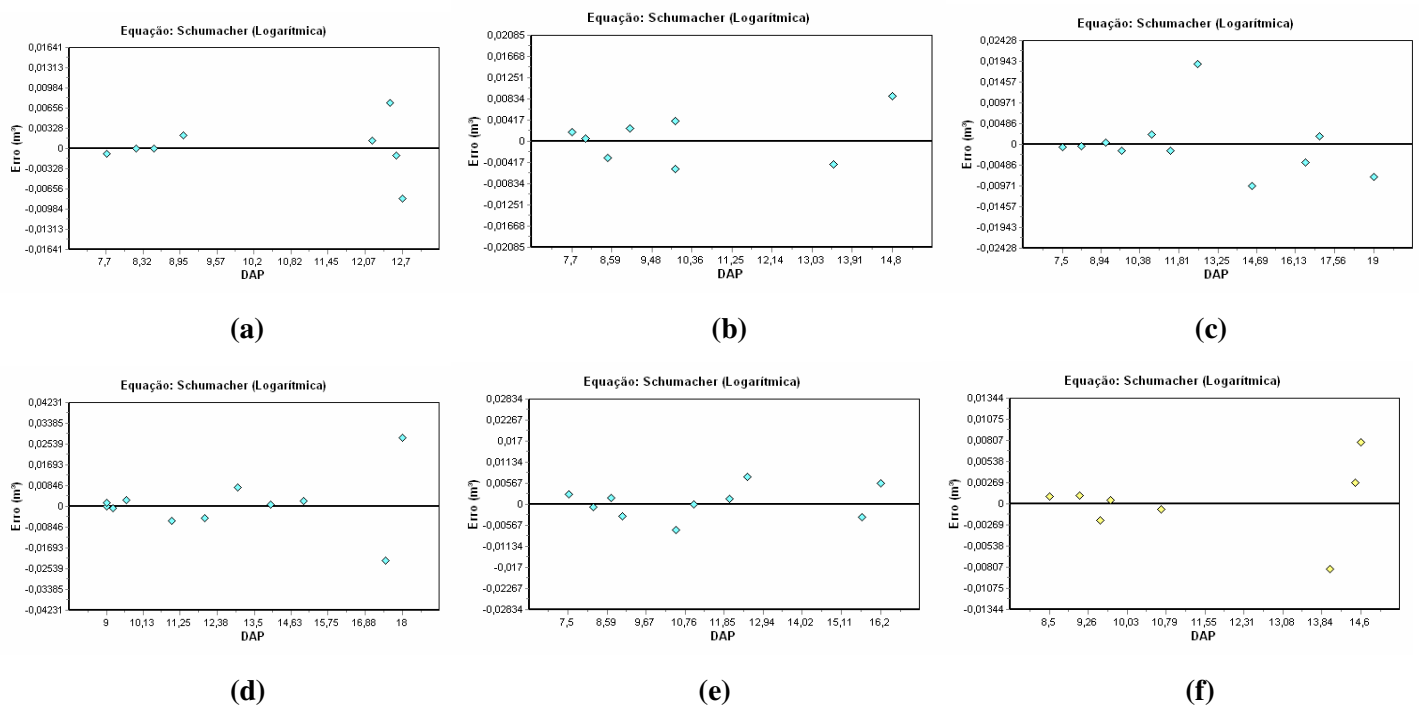
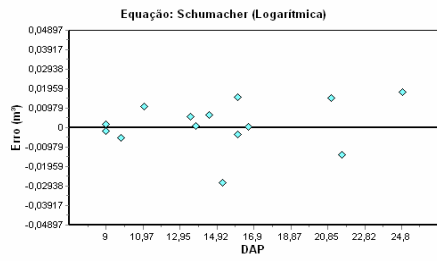
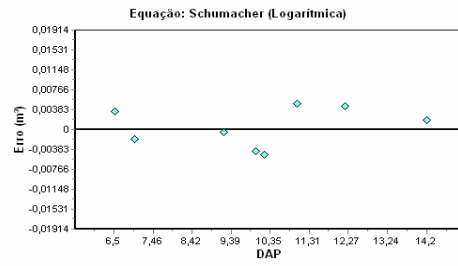


FIGURA 41 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total com casca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i). (...continua...)

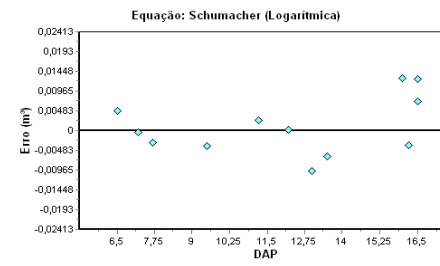
FIGURA 41, Cont.



(g)



(h)



(i)

Já os valores das medidas de precisão dos doze modelos testados, em cada município, para a variável volume total sem casca, são mostrados na Tabela 53. Assim como para o volume total com casca, todos os modelos apresentaram boas medidas de precisão, com valores altos de R^2 (variando entre 70% e 99%, com predominância de valores superiores a 90%) e baixos de Syx (variando entre 4% e 38%, com predominância de valores entre 15% e 25%). Uma exceção a estes valores ocorreu no município de Santo Antônio do Amparo, para os modelos de Hohenadl-Krenm, Brenac, Spurr, Honner, Takata e Spurr logarítmica, que apresentaram valores de R^2 menores que 46,24% e de Syx superiores a 34,13%.

O modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou valores de coeficiente de determinação variando entre 74,15% e 97,84%, tendo os municípios de Ibiá, Luminárias, Monte Alegre, Monte Carmelo e Nazareno, apresentado valores superiores a 90%. Este modelo apresentou, ainda, valores de erro padrão residual variando de 17,41% e 34,13%, tendo, para a maioria dos municípios, o Syx sido menor que 25%.

A distribuição gráfica dos resíduos do modelo de Schumacher e Hall logarítmico, para cada um dos nove municípios estudados, é mostrada na Figura 42. Em todos os municípios, este modelo apresentou distribuição uniforme e não tendenciosa.

Alguns autores, como Belchior (1996), ao estimarem o volume total de uma mata secundária; CETEC (1995), determinando equações volumétricas para o Cerrado em Minas Gerais e Scolforo et al. (2004), selecionando equações para estimar o volume total com e sem casca da candeia, encontraram valores de R^2 para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado coerentes com os encontrados neste estudo, para a maioria dos municípios. Estes valores situaram-se próximos a 95%, 96% e 97%, respectivamente, para cada autor.

TABELA 53 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume total sem casca do pau-santo.

Modelos	Medidas de precisão	Alpino-polis	Bambuú	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Alegre	Monte Carmelo	Nazareno	Sto. Ant. Amparo	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	84,97	77,6	92,71	88,19	87,32	94,76	97,55	9,4	85,36
	Syx (%)	21,44	35,18	23,19	30,04	29,62	13,99	17,07	64,49	26,99
	\bar{E} (m^3)	1E-09	-1E-10	7E-09	1E-09	4,74E-09	-8E-10	-1,38E-03	3,51E-09	6,02E-10
Brenac	R^2 (%)	90,56	72,39	96,15	93,79	92,6	97,32	94,74	7,68	85,04
	Syx (%)	22,51	35,93	25,03	32,1	29,81	13,25	13,03	69,97	26,78
	\bar{E} (m^3)	0,00018	0,00033	0,00028	0,00052	0,00019	7,14E-05	-0,00106	0,00073	0,00041
Spurr	R^2 (%)	80,81	81,19	94,86	92,86	83,65	84,94	96,99	27,04	90,23
	Syx (%)	24,23	32,24	19,46	23,35	33,64	23,73	18,92	57,87	22,06
	\bar{E} (m^3)	2E-08	1E-08	-1E-08	-5E-10	-4,31E-09	3,24E-08	-1,38E-03	-4,69E-09	-2,03E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	80,47	81,67	93,19	94,76	87,88	95,77	98,31	75,67	89,66
	Syx (%)	24,44	31,83	22,41	20,01	28,96	12,57	14,17	33,42	22,68
	\bar{E} (m^3)	-0,00012	-0,00006	0,00049	0,00029	0,00003	0,00010	-0,00028	0,00004	0,00013
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	87,11	74,15	94,35	97,84	92,72	93,26	95,63	76,38	89,41
	Syx (%)	27,03	33,65	23,56	22,61	29,21	17,41	19,53	34,13	24,95
	\bar{E} (m^3)	0,00015	0,00035	-0,00015	0,00033	0,00015	0,00017	-0,00059	0,00019	0,00045
Honner	R^2 (%)	80,67	78,37	90,43	94,62	78,15	85,5	96,86	46,24	89,55
	Syx (%)	24,32	34,57	26,56	20,28	38,88	23,28	19,33	49,67	22,8
	\bar{E} (m^3)	0,00018	0,00079	-0,00028	0,00019	0,00092	0,00057	-0,00011	0,00069	0,00052
Ogaya	R^2 (%)	83,88	83,05	94,77	93,99	82,87	87,79	97,03	77,76	90,2
	Syx (%)	22,2	30,6	19,65	21,43	34,42	21,37	18,81	31,95	22,08
	\bar{E} (m^3)	-0,00025	-0,00020	-0,00025	0,00035	-0,00058	-0,00043	-0,00163	0,00049	-0,00013

...continua...

TABELA 53, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	87,46	81,63	93,89	93,28	87,3	92,76	97,77	92,84	87,99
	Syx (%)	19,59	31,86	21,22	22,66	29,65	16,45	16,29	18,12	24,45
	\bar{E} (m ³)	-7E-09	-1E-08	2E-09	5E-09	1,91E-08	2,03E-08	-1,38E-03	1,76E-09	2,66E-08
Naslund	R ² (%)	97,21	98,91	97,42	97,45	94,99	97,75	98,89	95,89	96,22
	Syx (%)	18,81	12,72	20,75	20,8	28,51	17,29	15,33	23,99	23,46
	\bar{E} (m ³)	0,13050	0,02295	0,01944	-0,26825	-0,06128	0,03971	0,14796	0,02340	0,02954
Takata	R ² (%)	80,16	77,24	93,51	92,97	83,52	84,09	98,08	17,08	89,4
	Syx (%)	24,64	35,46	21,88	23,18	33,77	24,39	15,12	61,69	22,97
	\bar{E} (m ³)	0,00043	0,00060	3E-05	0,00054	0,00054	0,00029	-0,00081	0,00119	0,00067
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	89,24	72,79	94,22	97,71	91,08	89,86	95,84	37,9	90,32
	Syx (%)	24,28	37,28	21,17	22,71	34,45	24,41	18,44	59,1	22,93
	\bar{E} (m ³)	0,00015	0,00051	-0,00012	0,00025	0,00038	0,00026	-0,00076	0,00060	0,00045
Meyer	R ² (%)	96,91	75,46	83,49	92,94	92,77	99,45	82,17	99,6	86,82
	Syx (%)	9,72	36,82	32,92	20	28,16	4,54	24,44	4,31	25,61
	\bar{E} (m ³)	-1E-08	-6E-09	4E-05	0,00680	-0,01070	-2E-08	0,01307	-2,38E-09	1,07E-08

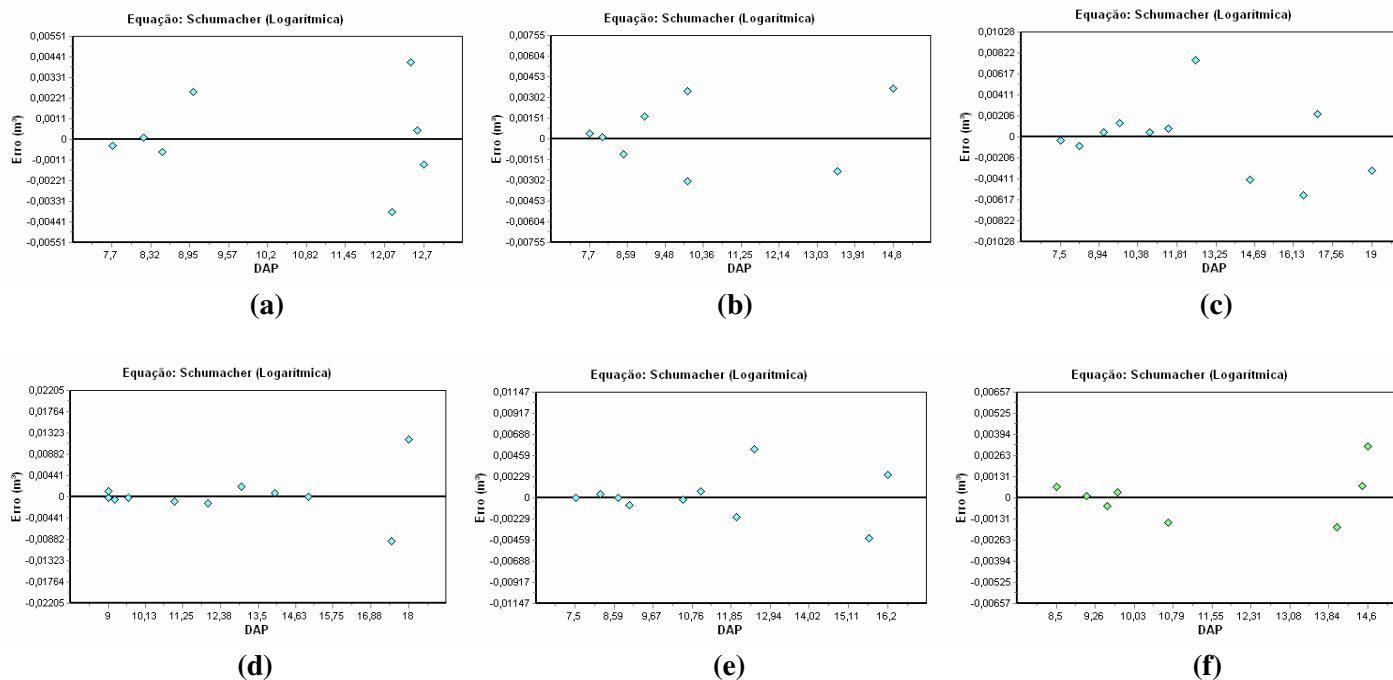
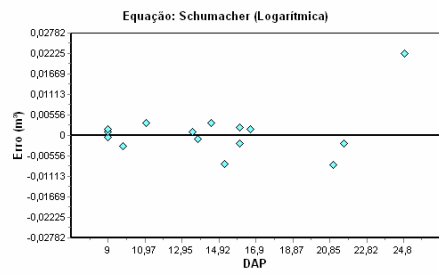
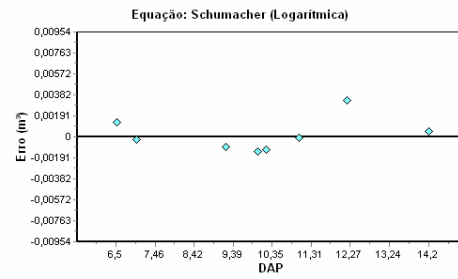


FIGURA 42 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume total sem casca nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i). (...continua...)

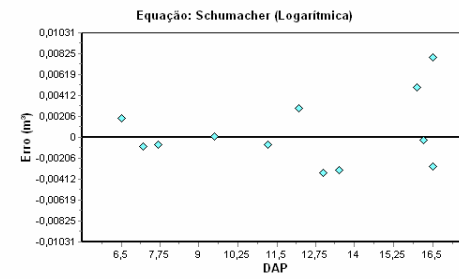
FIGURA 42, Cont.



(g)



(h)



(i)

4.1.2 Volume de fuste

Nas Tabelas 54 e 55 apresentam-se os valores de coeficiente de determinação, erro padrão residual e soma dos erros dos doze modelos testados para cada município, tendo como variáveis dependentes o volume de fuste com casca e o volume de fuste sem casca, respectivamente.

Aequação referente ao modelo de Naslund foi a que apresentou os maiores valores de coeficiente de determinação ajustado (variando entre 83,07% e 99,34%). Entretanto, este modelo proporcionou estimativas negativas de volume de fuste com e sem casca, para os municípios de Alpinópolis, Bambuí, Ibiá, Luminárias, Monte Carmelo e Santo Antônio do Amparo, por ter apresentado multicolinearidade.

Já o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentou boas medidas de precisão, com valores de coeficiente de determinação variando entre 70% e 96%, e de erro padrão residual inferiores a 43%. As exceções ocorreram nos municípios de Bambuí e Ibiá, para a variável volume de fuste com casca e Alpinópolis e Bambuí, para o volume de fuste sem casca; para estes municípios, os valores de R^2 foram inferiores a 67% e de Syx superiores a 35%.

Os gráficos de dispersão do modelo de Schumacher e Hall logaritimizado apresentaram distribuição uniforme e pouco tendenciosa, o que o tornou melhor que os demais modelos, tanto para o volume de fuste com casca quanto para o volume de fuste sem casca (Figura 43 e 44).

Scolforo et al. (2004), ao selecionarem equações para o volume de fuste com e sem casca da candeia, encontraram valores de R^2 iguais a 89,26% e 80,64%, respectivamente. Os valores encontrados por estes autores são próximos dos encontrados para a maioria dos municípios deste estudo.

TABELA 54 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume de fuste com casca do pau-santo.

Modelos	Medidas de precisão	Alpino-polis	Bambuú	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Alegre	Monte Carmelo	Nazareno	Sto. Ant. Amparo	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	67,06	69,72	65,44	90,16	92,84	76,92	70,05	55,72	71,76
	Syx (%)	30,69	33,86	29,25	16,67	15,25	25,68	47,84	23,29	31,81
	\bar{E} (m^3)	-2E-09	-2E-09	-2E-09	-2E-09	-4,77E-09	3,47E-09	-7,67E-09	-1,14E-09	4,13E-09
Brenac	R^2 (%)	76,33	52,39	59,6	85,6	86,67	76,87	81,08	54,13	75,3
	Syx (%)	31,05	34,32	30,4	19,29	16,88	26,44	49,97	25,33	33
	\bar{E} (m^3)	0,00057	0,00046	0,00067	0,00032	0,00015	0,00050	0,00251	0,00023	0,00118
Spurr	R^2 (%)	61,57	62,28	67,85	92,19	92,07	69,71	78,49	44,85	83,96
	Syx (%)	33,15	37,8	28,21	14,85	16,04	29,42	40,54	25,99	23,97
	\bar{E} (m^3)	1E-08	1E-08	9E-09	-2E-08	-2,67E-08	-2,43E-08	-4,87E-08	1,86E-08	3,34E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	77,26	33,68	5,86	8,68	92,37	79,22	77,24	88,76	82,82
	Syx (%)	25,5	50,12	29,66	11,32	15,74	24,37	41,7	11,73	24,81
	\bar{E} (m^3)	-6E-05	-0,0004	5E-05	-0,00012	0,00005	0,00027	0,00023	-2,05E-06	0,00011
Schumacher-Hall (logarítmica)	R^2 (%)	78,57	12,96	59,86	95,83	85,7	76,48	82,66	91,93	86,42
	Syx (%)	26,32	52,87	30,28	13,4	18,3	29,48	43,26	12,1	26,07
	\bar{E} (m^3)	0,00048	0,00086	0,00065	-3E-05	0,00023	0,00054	0,00159	0,00004	0,00080
Honner	R^2 (%)	68,1	39,3	63,46	84,18	90,81	76,33	70,67	-52,28	78,13
	Syx (%)	30,2	47,94	30,08	21,14	17,28	26,01	47,34	43,19	28
	\bar{E} (m^3)	0,00148	0,00124	0,00122	-0,00061	0,00097	0,00084	0,00441	0,00001	0,00079
Ogaya	R^2 (%)	72,08	56,51	62,75	90,62	93,29	78,82	77,01	12,1	81,61
	Syx (%)	28,26	40,58	30,37	16,28	14,76	24,6	41,91	32,81	25,67
	\bar{E} (m^3)	-0,0007	0,00059	0,00074	0,00035	0,00003	-0,00059	0,00148	0,00118	0,00111

...continua...

TABELA 54, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	81,02	80,43	61,16	96,34	94,16	84,29	76,11	90,48	81,21
	Syx (%)	23,3	27,22	31,01	10,17	13,77	21,19	42,73	10,8	25,95
	\bar{E} (m ³)	-1E-08	-3E-09	7E-10	-1E-08	-3,12E-08	-8,46E-09	4,57E-09	-4,80E-09	2,00E-08
Naslund	R ² (%)	93,88	83,07	91,74	99,22	97,83	93,75	93,65	99,34	94,96
	Syx (%)	27,65	47,48	31,82	9,91	16,75	27,95	32,98	8,52	25,89
	\bar{E} (m ³)	0,09978	0,01458	0,04383	0,17354	0,01687	0,08100	-0,36942	0,03348	-0,00688
Takata	R ² (%)	58,11	39,71	60,47	94,78	87,51	65,74	72,65	67,81	81,13
	Syx (%)	34,61	47,78	31,29	12,14	20,14	31,29	45,71	19,86	26
	\bar{E} (m ³)	0,00130	0,00141	0,00148	0,00046	0,00064	0,00106	0,00521	0,00035	0,00172
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	75,29	23,19	62,25	91,4	79,67	79,41	83,88	63,93	85,51
	Syx (%)	32,76	50,39	29,14	14,43	20,49	29,52	40,6	24,44	25,44
	\bar{E} (m ³)	0,00073	0,00093	0,00069	-2E-05	0,00061	0,00059	0,00151	0,00019	0,00091
Meyer	R ² (%)	74,02	93,77	55,3	52,99	91,91	96,75	92,16	87,05	77,24
	Syx (%)	27,26	15,36	34,35	33,35	16,38	9,63	15,32	12,59	28,56
	\bar{E} (m ³)	2E-08	-1E-08	-0,0130	0,00554	-0,00212	2,87E-08	-0,03482	3,90E-09	-3E-08

TABELA 55 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume de fuste sem casca do pau-santo.

Modelos	Medidas de precisão	Alpino-polis	BambuÍ	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Alegre	Monte Carmelo	Nazareno	Sto. Ant. Amparo	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	55,99	65,35	74,63	88,88	88,96	75,61	75,29	3,97	74,63
	Syx (%)	35,04	40,01	30,22	20,88	24,3	31,81	47,26	64,46	36,63
	\bar{E} (m^3)	-2E-09	2E-09	-3E-09	7E-09	1,77E-09	3,69E-09	-7,33E-09	5,18E-09	-4,83E-09
Brenac	R^2 (%)	69,16	50,66	70,98	84,88	86,38	77,53	83,42	-4,5	83,93
	Syx (%)	35,55	43,43	33,43	24,95	25,28	32,21	49,9	70,04	39,26
	\bar{E} (m^3)	0,0003	0,00021	0,00027	0,00023	0,00012	0,00026	0,00129	0,00039	0,00063
Spurr	R^2 (%)	53,3	65,37	74,96	93,45	86,98	62,57	82,24	3,21	83,91
	Syx (%)	36,1	40,01	30,02	16,02	26,38	39,4	40,07	64,71	29,17
	\bar{E} (m^3)	1E-08	-2E-10	2E-08	1E-08	2,17E-08	1,76E-08	-4,66E-08	-9,19E-09	-2,76E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	58,39	37,93	74,09	96,63	88,97	82,64	80,87	92,5	82,16
	Syx (%)	34,07	53,56	30,53	11,5	24,27	26,84	41,59	18,01	30,71
	\bar{E} (m^3)	-8E-05	-0,00018	2E-05	-6E-05	-0,00002	1,43E-05	0,00028	-4,96E-06	2,70E-05
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	66,99	29,26	71,32	95,36	87,98	71,92	84,84	88,94	90,33
	Syx (%)	35,48	57,27	32,63	13,44	26,88	34,9	43,57	18,27	31,92
	\bar{E} (m^3)	0,00028	0,00030	0,00021	-3E-05	0,00009	0,00034	0,00083	0,00004	0,00033
Honner	R^2 (%)	59,7	46,64	73,87	82,47	80,42	64,14	76,71	-0,03	82,94
	Syx (%)	33,53	49,66	30,66	26,22	32,35	38,56	45,89	65,78	30,04
	\bar{E} (m^3)	0,00058	0,00036	0,00057	-0,00054	0,00068	0,00080	0,00223	0,00053	0,00058
Ogaya	R^2 (%)	64,26	62,39	76,5	92,29	87,65	70,63	81,81	48,37	83,96
	Syx (%)	31,58	41,69	29,08	17,39	25,69	34,9	40,55	47,26	29,12
	\bar{E} (m^3)	-0,0002	0,00019	0,00011	0,00020	-0,00020	-0,00043	0,00057	0,00044	3,33E-06

...continua...

TABELA 55, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	68,53	89,35	72,74	96,76	87,84	78,45	79,58	81,46	80,02
	Syx (%)	29,63	22,18	31,32	11,27	25,49	29,9	42,97	28,32	32,51
	\bar{E} (m ³)	7E-09	1E-08	1E-08	3E-08	1,21E-08	3,56E-08	-2,76E-08	4,03E-09	-5,62E-10
Naslund	R ² (%)	92,3	87,06	92,48	98,89	95,69	91,03	90,92	96,1	92,87
	Syx (%)	30,96	42,63	31,58	12,25	25,26	34,97	40,91	23,19	32,54
	\bar{E} (m ³)	0,08992	0,00994	0,01906	-0,00737	-0,01199	0,02007	-0,10695	-0,01386	0,00223
Takata	R ² (%)	49,19	42,56	68,28	93,81	84,55	57,6	76,04	-7,14	81,33
	Syx (%)	37,66	51,52	33,78	15,58	28,73	41,94	46,54	68,08	31,42
	\bar{E} (m ³)	0,00063	0,00041	0,00060	0,00033	0,00040	0,00067	0,00265	0,00056	0,00098
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	71,07	39,97	69,5	90,63	82,34	70,29	85,75	14,19	90,52
	Syx (%)	35,63	53,46	31	17,71	29,01	40,48	40,62	65,34	29,4
	\bar{E} (m ³)	0,00032	0,00031	0,00027	-4E-05	0,00030	0,00041	0,00075	0,00038	0,00037
Meyer	R ² (%)	83,81	99,89	79,29	51,09	92,54	90,62	93,58	90,87	74,34
	Syx (%)	21,25	2,21	28,02	37,12	21,39	19,73	16,36	19,88	36,84
	\bar{E} (m ³)	3E-08	9E-09	-0,00555	0,00458	-0,00470	-1,02E-08	-0,01227	1,61E-08	-2,30E-08

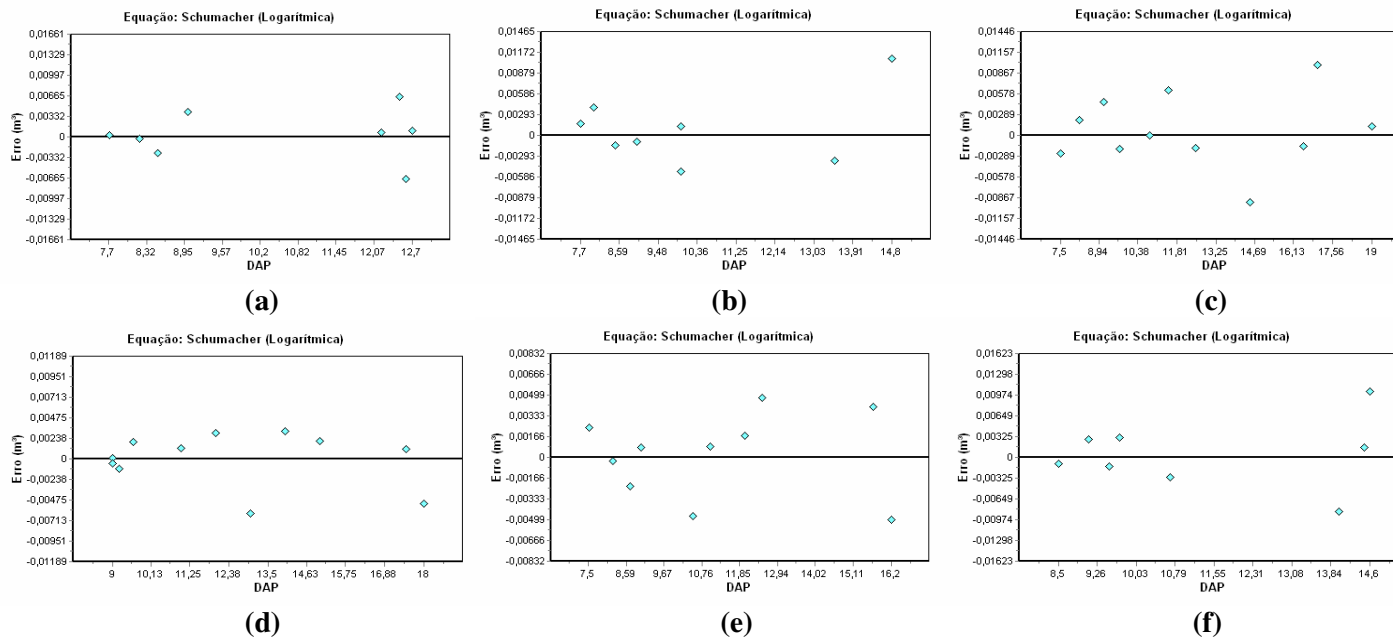
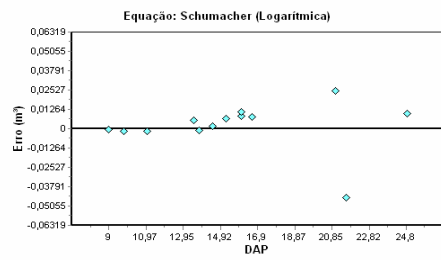
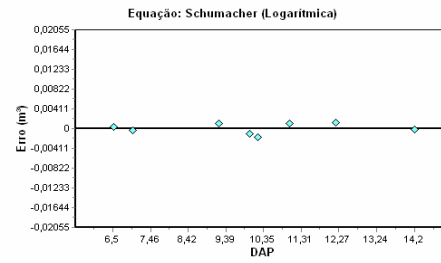


FIGURA 43 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste com casca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i). (...continua...)

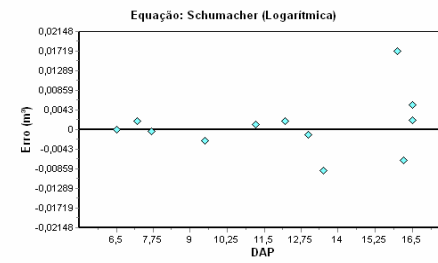
FIGURA 43, Cont.



(g)



(h)



(i)

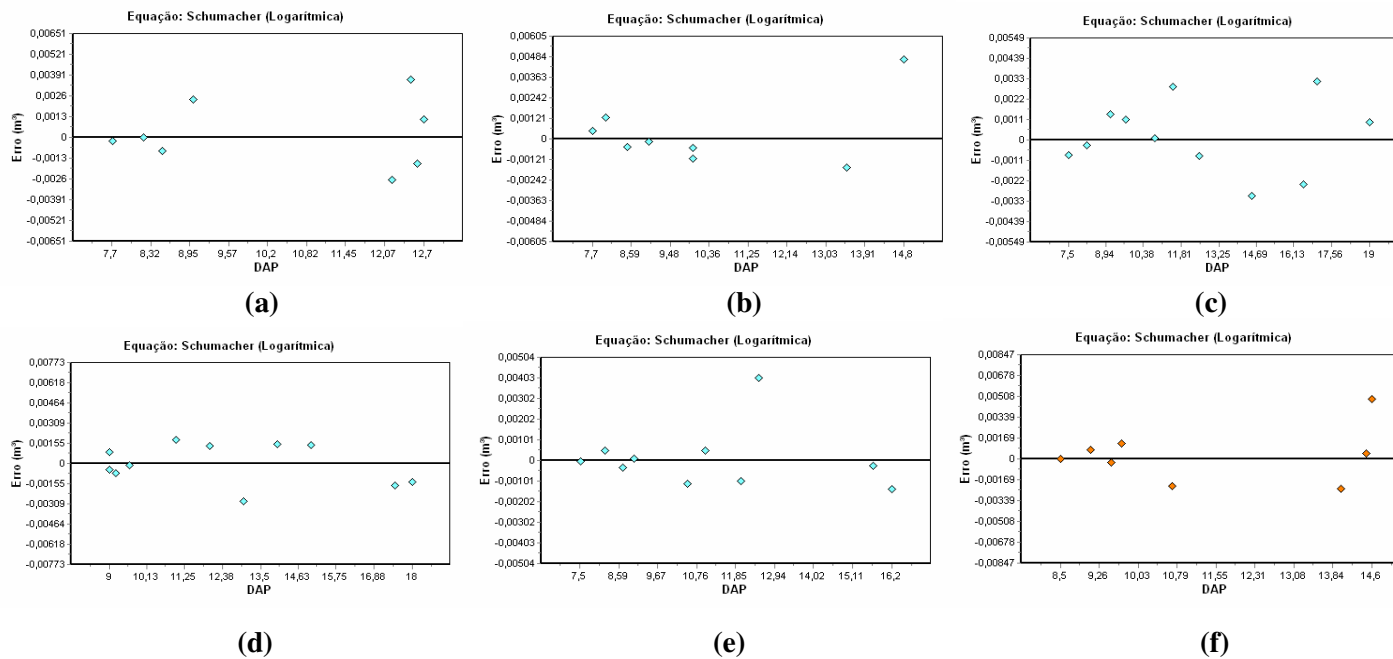
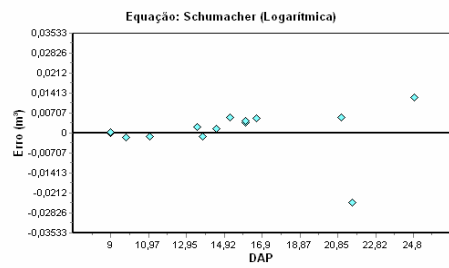
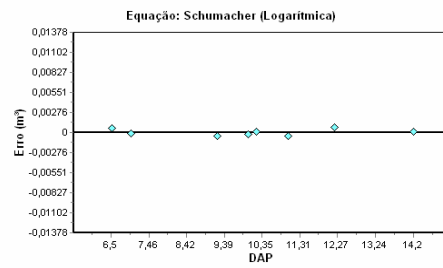


FIGURA 44 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de fuste sem casca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i). (...continua...)

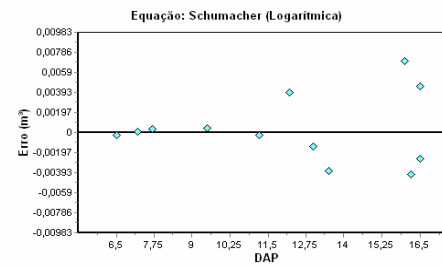
FIGURA 44, Cont.



(g)



(h)



(i)

4.1.3 Peso de matéria seca

As medidas de precisão (R^2 e S_{yx}) dos doze modelos ajustados para a variável dependente peso de matéria seca do pau-santo são mostradas na Tabela 56, para cada um dos nove municípios estudados, juntamente com a soma dos erros.

Todos os modelos ajustados apresentaram boas medidas de precisão, com valores altos de coeficiente de determinação (predominância de valores superiores a 90%) e valores baixos de erro padrão residual (com predominância de valores inferiores a 20%), em todos os municípios. Todavia, estas duas estatísticas, utilizadas isoladamente, não são suficientes para o julgamento da precisão do modelo, por isso, foram analisados os gráficos de distribuição dos resíduos de todos os modelos em todos os municípios.

Sendo assim, o modelo de Schumacher e Hall logarítmico foi selecionado como sendo o modelo mais preciso, pois apresentou os gráficos de distribuição de resíduos menos tendenciosos e mais uniformes, conforme pode ser observado na Figura 45.

Santos (1996), analisando modelos de regressão para estimar a fitomassa de uma floresta tropical úmida na Amazônia, encontrou valores de R^2 próximos a 98%, para o modelo de Schumacher e Hall logaritmicado. Este autor concluiu, ainda, que de todos os modelos estudados, os modelos foram os que produziram melhores resultados para estimar peso seco total, de tronco e de copa.

Os valores de erro padrão residual encontrados neste estudo foram inferiores aos citados por Scolforo et al. (2004), que encontraram erro padrão residual de 47%, para o modelo de Schumacher e Hall logaritmicado, quando selecionavam modelos para estimar o peso seco de candeia.

TABELA 56 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem e média dos erros (\bar{E}), em toneladas, dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável peso de matéria seca do pau-santo.

Modelos	Medidas de precisão	Alpino-polis	BambuÍ	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Alegre	Monte Carmelo	Nazareno	Sto. Ant. Amparo	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	94,1	92,15	91,88	93,52	92	92	96,08	61,49	79,03
	Syx (%)	13,6	25,07	24,48	21,1	17,17	14,02	19,63	34,01	30,25
	\bar{E} (t)	-5E-09	-2E-09	1E-09	-3E-09	5,59E-09	-2,54E-09	-6,87E-11	1,78E-09	-1,21E-09
Brenac	R^2 (%)	97,9	91,88	95,74	96	91,78	90,78	93,26	52,3	85,09
	Syx (%)	13,53	23,92	24,59	22,19	19,66	13,88	19,85	38,63	30,59
	\bar{E} (t)	0,00005	0,00023	0,00040	0,00027	0,00015	0,00010	0,00055	0,00041	0,00077
Spurr	R^2 (%)	87,49	86,88	95,1	96,18	95,12	87,21	98,62	78,15	93,13
	Syx (%)	19,81	32,42	19,01	16,21	14,27	17,73	11,64	25,62	17,32
	\bar{E} (t)	-1E-08	7E-09	3E-08	-9E-09	2,21E-08	1,99E-08	4,81E-08	-7,31E-09	-1,57E-08
Schumacher-Hall	R^2 (%)	95,92	91,8	94,19	96,02	94,56	92,03	98,61	71,45	93,04
	Syx (%)	11,32	25,63	20,7	16,53	15,08	14	11,68	29,28	17,42
	\bar{E} (t)	-0,00001	-0,00045	0,00032	1E-05	-0,00002	4,29E-05	0,00011	-0,00014	-0,00035
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	97,64	91	96,09	98,11	93,55	91,19	95,21	56,25	93,23
	Syx (%)	12,69	28,85	21,2	16,76	15,35	17,13	12,42	31,81	19,19
	\bar{E} (t)	1E-05	0,00043	4E-05	0,00010	0,00026	0,00013	0,00049	0,00055	0,00061
Honner	R^2 (%)	89,78	74,73	93,58	96,56	94,59	91,39	98,44	72,84	89,27
	Syx (%)	17,91	44,99	21,77	15,38	15,03	14,54	12,38	28,56	21,64
	\bar{E} (t)	0,00030	0,00165	-4E-05	0,00016	0,00047	5,71E-05	0,00144	0,00086	0,00043
Ogaya	R^2 (%)	90,6	85,46	95,02	96,34	95	92,43	98,67	78,75	93,91
	Syx (%)	17,17	34,13	19,18	15,86	14,45	13,64	11	25,26	16,3
	\bar{E} (t)	-0,00032	-0,00108	-0,00026	2E-05	0,00011	-0,00019	0,00015	0,00014	0,00067

...continua...

TABELA 56, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	98,34	96,99	93,78	95,33	93,73	94,08	98,46	75,27	93,69
	Syx (%)	7,22	15,53	21,43	17,91	16,18	12,07	12,29	27,25	16,6
	\bar{E} (t)	1E-08	-1E-08	2E-08	2E-08	8,01E-09	4,36E-09	-6,19E-08	1,49E-08	3,39E-08
Naslund	R ² (%)	99,17	99,46	97,26	98,36	98,65	98,62	99,24	94,01	98
	Syx (%)	10,26	9,59	21,41	16,34	13,65	12,95	12,06	27,5	16,75
	\bar{E} (t)	0,06245	0,01774	-0,01312	-0,17189	-0,07107	0,08510	-0,04899	0,05114	0,02550
Takata	R ² (%)	87,03	87,19	94,4	96,17	95,07	85,12	98,58	71,77	90,95
	Syx (%)	20,17	32,04	20,32	16,23	14,35	19,12	11,81	29,11	19,87
	\bar{E} (t)	0,00017	0,00069	0,00035	0,00021	0,00034	0,00023	0,00093	0,00098	0,00091
Spurr (logaritmica)	R ² (%)	95,18	82,24	96,44	98,3	94,36	92,14	95,56	62,73	92,81
	Syx (%)	19,58	42,08	19,92	15,95	14,37	17,66	11,56	28,27	20,41
	\bar{E} (t)	0,00012	0,00095	3E-05	8E-05	0,00026	0,00014	0,00041	0,00054	0,00068
Meyer	R ² (%)	98,67	96,71	89,78	96,59	94,95	95,88	73,92	62,66	92,18
	Syx (%)	6,46	16,22	28,13	16,04	18,99	10,06	26,27	33,48	18,47
	\bar{E} (t)	3E-08	-1E-08	-0,00495	-0,00085	-0,00075	1,17E-08	0,03980	-2,04E-09	-2,28E-08

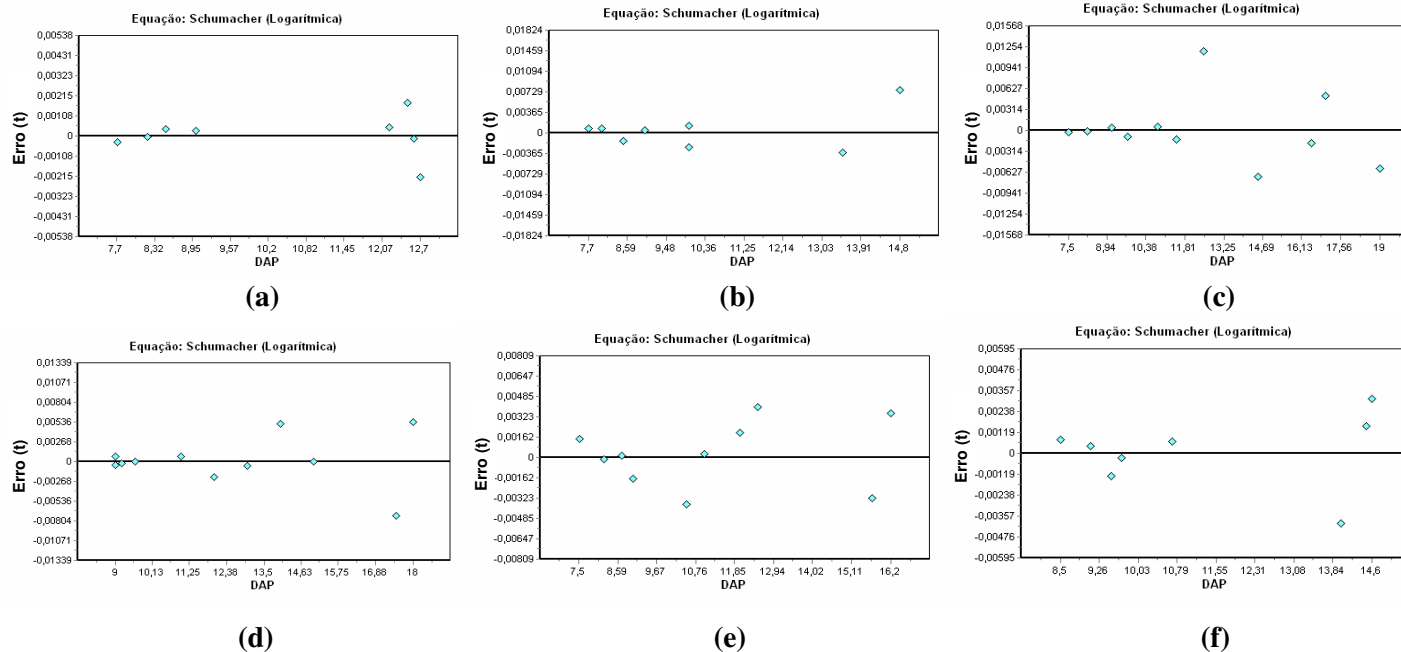
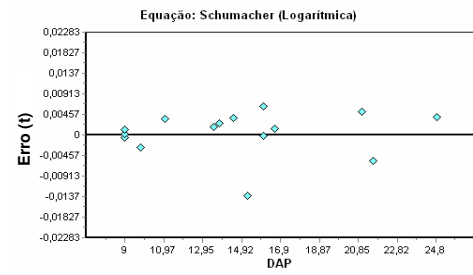
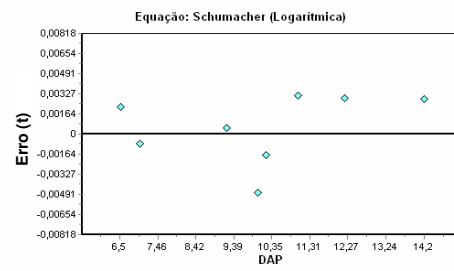


FIGURA 45 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável peso de matéria seca, nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i). (...continua...)

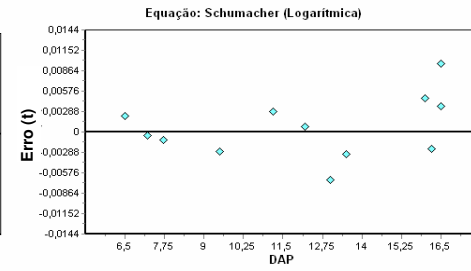
FIGURA 45, Cont.



(g)



(h)



(i)

4.1.4 Volume de casca

As medidas de precisão (R^2 e S_{yx}) e o somatório dos erros dos doze modelos testados, para a variável dependente volume de casca, são apresentados na Tabela 57, para cada um dos nove municípios estudados. Todos os modelos testados apresentaram valores satisfatórios de medidas de precisão, com predominância de valores superiores a 90% para o coeficiente de determinação e inferiores a 25% para o erro padrão residual. Isso significa que as variáveis independentes destes modelos estão explicando, de maneira satisfatória, as variações da variável dependente e que a variabilidade encontrada nas árvores amostras foi baixa.

Entretanto, o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado se sobressaiu aos demais, pois, além de ter apresentado valores satisfatórios das medidas de precisão, apresentou também gráficos uniformes de distribuição dos resíduos para os nove municípios, indicando claramente que os erros de superestimativa estão anulando os de subestimativa (Figura 46). Este fato garante o bom uso das equações de Schumacher e Hall logaritimizada, em todos os municípios estudados.

Santos (1996), analisando modelos de regressão para estimar a fitomassa em uma floresta tropical, concluiu que, de todos os modelos estudados, os logarítmicos foram os que produziram melhores resultados.

CETEC (1995), ao determinar equações volumétricas para o Cerrado em Minas Gerais, encontrou valores de R^2 , para o modelo de Schumacher e Hall logaritimizado, coerentes com os encontrados neste estudo, para a maioria dos municípios, sendo próximos 96%.

TABELA 57 Valores de coeficiente de determinação (R^2), erro padrão residual (Syx), em porcentagem, e média dos erros (\bar{E}), em m^3 , dos modelos ajustados, nos nove municípios estudados, para a variável volume de casca do pau-santo.

Modelos	Medidas de precisão	Alpino-polis	BambuÍ	Ibiá	Lumi-nárias	Monte Alegre	Monte Carmelo	Nazareno	Sto. Ant. Amparo	Uberaba
Hohenadl-Krenm	R^2 (%)	87,97	96,65	95,15	91,74	94,5	92,68	88,92	79,93	75,46
	Syx (%)	20,64	14,39	17,02	22,81	15,08	14,51	32,02	23,55	32,18
	\bar{E} (m^3)	6E-09	-2E-09	1E-09	4E-09	3,86E-09	-7,06E-09	5,07E-09	5,66E-09	7,23E-10
Brenac	R^2 (%)	94,85	93,56	95,83	95,1	90,51	90,54	86,68	77,8	81,63
	Syx (%)	21,13	13,1	17,18	22,79	17,91	14,49	33,19	25,68	32,42
	\bar{E} (m^3)	0,00025	0,00011	0,00060	0,00639	0,00105	0,00017	0,00236	0,00024	0,00093
Spurr	R^2 (%)	82,18	87,28	97,08	94,21	97,07	88,92	94,4	80,45	91,8
	Syx (%)	25,12	28,02	13,19	19,1	11,05	17,84	22,76	23,24	18,6
	\bar{E} (m^3)	-3E-08	-1E-08	-3E-08	-2E-08	1,86E-08	2,47E-08	3,97E-08	6,90E-09	5,63E-09
Schumacher-Hall	R^2 (%)	90,01	96,02	97,05	93,67	96,27	92,88	94,57	80,31	92,91
	Syx (%)	18,8	15,67	13,26	19,96	12,46	14,3	22,42	23,32	17,3
	\bar{E} (m^3)	-0,00017	-0,00025	0,00046	-0,0045	-0,00009	5,71E-05	-0,00073	-0,00003	-0,00038
Schumacher-Hall (logarÍtmica)	R^2 (%)	95,4	92,38	96,76	95,88	90,71	92,96	89,2	75,92	91,27
	Syx (%)	19,57	17,51	14,44	21,08	13,29	18,3	23,88	23,77	19,86
	\bar{E} (m^3)	0,00017	0,00031	0,00062	0,00661	0,00151	0,00016	0,00271	0,00038	0,00076
Honner	R^2 (%)	83,14	84,6	96,57	92,55	95,56	90,84	91,94	82,47	85,6
	Syx (%)	24,43	30,83	14,3	21,66	13,6	16,22	27,32	22	24,65
	\bar{E} (m^3)	0,00120	0,00144	0,00127	0,01305	0,00419	5,71E-05	0,00677	0,00064	0,00052
Ogaya	R^2 (%)	84,63	90,51	97,35	94,28	96,96	92,28	94,39	83,71	92,93
	Syx (%)	23,33	24,2	12,58	18,98	11,24	14,89	22,78	21,21	17,27
	\bar{E} (m^3)	-0,00072	-0,00108	-0,0017	-0,0064	-0,00263	-0,00037	-0,00215	0,00004	0,00103

...continua...

TABELA 57, Cont.

Stoate (australiana)	R ² (%)	90,67	97,68	96,79	92,81	96,37	95,47	94,05	78,67	93,75
	Syx (%)	18,18	11,95	13,84	21,27	12,28	11,41	23,47	24,27	16,24
	\bar{E} (m ³)	-6E-09	3E-09	-1E-08	1E-08	2,51E-09	1,06E-08	2,55E-08	1,05E-08	-8,92E-09
Naslund	R ² (%)	96,57	99,69	98,7	97,56	98,81	98,19	98,32	97,13	97,96
	Syx (%)	21,18	6,92	14,18	19,59	12,81	15,03	17,72	18,88	16,84
	\bar{E} (m ³)	0,09083	0,01260	0,11947	0,65605	-0,36219	0,10309	-0,28018	0,09608	-0,00243
Takata	R ² (%)	81,81	87,08	96,95	93,95	96,24	87,96	93,52	76,03	89,25
	Syx (%)	25,37	28,24	13,49	19,52	12,51	18,6	24,49	25,73	21,3
	\bar{E} (m ³)	0,00070	0,00051	0,00110	0,01099	0,00287	0,00031	0,00537	0,00066	0,00114
Spurr (logarítmica)	R ² (%)	91,9	81,6	97,1	96,06	91,72	94,03	90,03	77,21	90,21
	Syx (%)	25,05	35,19	13,76	19,55	13,03	17,73	23,03	25,22	22,6
	\bar{E} (m ³)	0,00047	0,00093	0,00071	0,00764	0,00220	0,00017	0,00240	0,00049	0,00087
Meyer	R ² (%)	97,98	97,05	85,61	98,73	88,63	97,5	72,1	61,87	92,28
	Syx (%)	8,45	13,49	28,87	8,39	28,28	8,47	27,27	32,45	18,04
	\bar{E} (m ³)	2E-08	1E-08	1E-08	3E-08	-9,93E-09	3,70E-08	1,99E-08	9,99E-09	1,98E-08

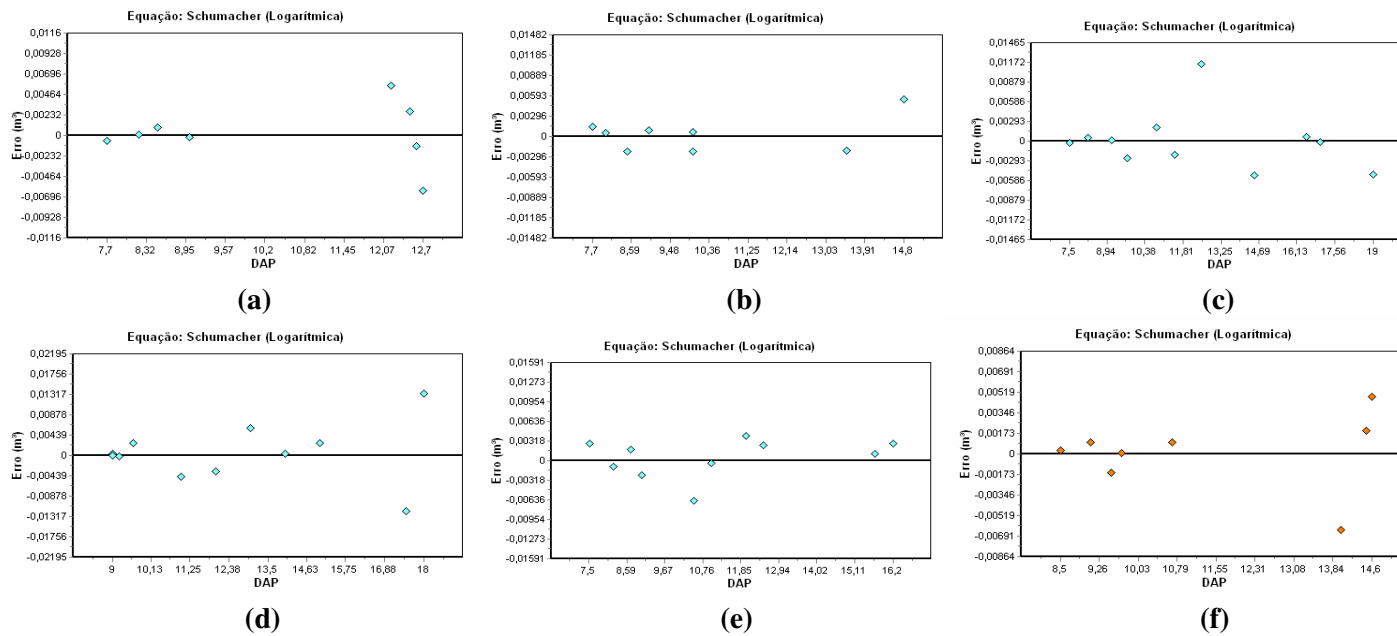
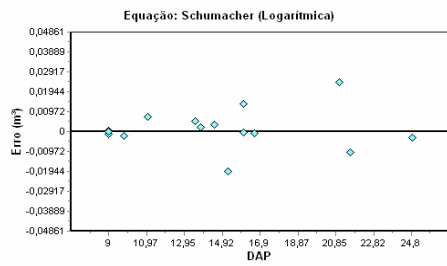
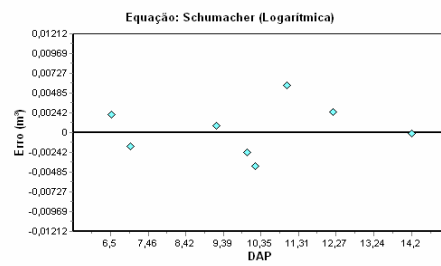


FIGURA 46 Gráficos de distribuição de resíduos para a variável volume de casca nos municípios de Alpinópolis (a), Bambuí (b), Ibiá (c), Luminárias (d), Monte Alegre (e), Monte Carmelo (f), Nazareno (g), Santo Antônio do Amparo (h) e Uberaba (i). (...continua...)

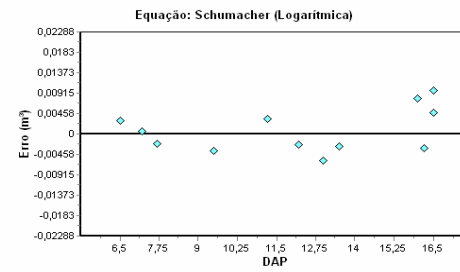
FIGURA 46, Cont.



(g)



(h)



(i)

4.2 Teste de identidade de modelos

As equações específicas para cada um dos nove municípios estudados, referentes ao modelo de Schumacher e Hall logarítmico, foram submetidas ao teste de identidade de modelos segundo o município e para as variáveis volume total, volume de fuste, peso de matéria seca e volume de casca. O teste de identidade foi realizado segundo o método proposto por Graybill (1976).

Para que exista identidade entre modelos, o valor da probabilidade de F deve ser maior ou igual ao nível de significância $\alpha = 0,05$, em todos os três testes (identidade, nível e forma), ou seja, os testes devem ser não significativos.

4.2.1 Volume total e de fuste

Os valores de probabilidade de F e a significância dos testes de identidade, de nível e de forma estão apresentados na Tabela 58, para as variáveis volume total com casca (VTcc) e volume total sem casca (VTsc), com algumas possíveis combinações dos nove municípios estudados.

Tanto para o volume total com casca quanto para o volume total sem casca, não existe similaridade entre os nove municípios em que foi realizado o estudo (Alpinópolis, 1; Bambuí, 2; Ibiá, 3; Luminárias, 4; Monte Alegre, 5; Monte Carmelo, 6; Nazareno, 7; Santo Antônio do Amparo, 8 e Uberaba, 9), pois esta combinação foi significativa para os testes de identidade, nível e forma.

A combinação em que estão presentes os municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6) e Uberaba (9), e a combinação com os municípios de Luminárias (4) e Nazareno (7) foram não significativas, para os três testes analisados. Isso demonstra que existe similaridade entre os municípios presentes em cada uma destas combinações e que eles podem ser agrupados conforme a combinação para se estimar os volumes totais com e sem casca do pau-santo. Já o município de Santo Antônio do Amparo (8) não pode ser agrupado em nenhuma das duas combinações.

TABELA 58 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc), e para algumas combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância	
VTcc	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Identidade	0,0000	S	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Nível	0,0002	S	
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Forma	0,0000	S	
	1 2 3 5 6 9	Identidade	0,1129	NS	
	1 2 3 5 6 9	Nível	0,1904	NS	
	1 2 3 5 6 9	Forma	0,0858	NS	
	4 7	Identidade	0,1967	NS	
	4 7	Nível	0,4671	NS	
	4 7	Forma	0,1480	NS	
	VTsc	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Identidade	0,0000	S
		1 2 3 4 5 6 7 8 9	Nível	0,0000	S
		1 2 3 4 5 6 7 8 9	Forma	0,0000	S
1 2 3 5 6 9		Identidade	0,2591	NS	
1 2 3 5 6 9		Nível	0,2137	NS	
1 2 3 5 6 9		Forma	0,2431	NS	
4 7		Identidade	0,1859	NS	
4 7		Nível	0,2972	NS	
4 7		Forma	0,1499	NS	

Os valores de probabilidade de F dos três testes analisados (identidade, nível e forma), para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e volume de fuste sem casca (VFsc), estão apresentados na Tabela 59, para as combinações dos nove municípios estudados.

Nota-se que, assim como para o volume total, também para o volume de fuste, tanto com casca quanto sem casca, não houve identidade entre os nove municípios. Isso porque os testes de identidade, nível e forma foram significativos, indicando que não há a possibilidade de agrupamento entre eles.

Entretanto, tanto para o volume de fuste com casca quanto para o volume de fuste sem casca, existe possibilidade de formação de três grupos. O primeiro compreende os municípios de Alpinópolis (1), Luminárias (4), Monte Carmelo (6), Nazareno (7) e Uberaba (9). O segundo agrega os municípios de Bambuí (2), Ibiá (3) e Santo Antônio do Amparo (8), pois estas duas combinações foram não significativas para os três testes, mostrando que existe similaridade entre as espécies pertencentes a cada grupo. O terceiro grupo é formado apenas pelo município de Monte Alegre (5), que não deve ser incluído em nenhuma das combinações anteriores.

TABELA 59 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para as variáveis volume de fuste com (VFcc) e sem casca (VFsc), e para algumas combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VFcc	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Identidade	0,0004	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Nível	0,0099	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Forma	0,0008	S
	1 4 6 7 9	Identidade	0,2122	NS
	1 4 6 7 9	Nível	0,2713	NS
	1 4 6 7 9	Forma	0,1331	NS
	2 3 8	Identidade	0,396	NS
	2 3 8	Nível	0,611	NS
	2 3 8	Forma	0,4561	NS
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Identidade	0,0000	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Nível	0,0022	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Forma	0,0001	S
VFsc	1 4 6 7 9	Identidade	0,0793	NS
	1 4 6 7 9	Nível	0,1378	NS
	1 4 6 7 9	Forma	0,0653	NS
	2 3 8	Identidade	0,1218	NS
	2 3 8	Nível	0,3688	NS
	2 3 8	Forma	0,0858	NS

Na Tabela 60 são apresentadas as equações referentes ao modelo de Schumacher e Hall logaritmizadas que podem ser utilizadas para estimar os volumes totais com e sem casca do pau-santo, para os três grupos definidos anteriormente. Ela também apresenta as equações de Schumacher e Hall logaritmizadas que podem ser utilizadas para estimar o volume de fuste com casca e o volume de fuste sem casca do pau-santo para a combinação que compreende os municípios de Alpinópolis (1), Luminárias (4), Monte Carmelo (6), Nazareno (7) e Uberaba (9), para a combinação em que estão presentes os municípios de Bambuí (2), Ibiá (3) e Santo Antônio do Amparo (8) e para o município de Monte Alegre (5).

TABELA 60 Equações de Schumacher e Hall logarítmica com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m³), para as variáveis volume total com (VTcc) e sem casca (VTsc), e volume de fuste com (VFcc) sem casca (VFsc).

Variável	Combinação	Equações	\bar{E} (m ³)	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
Volume total (m ³)	1 2 3 5 6 9	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -9,4593227331 + 2,0716757801 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,6535054205 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0009	94,03	0,006	17,14
		$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -11,1146454209 + 2,4664298248 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,3501891226 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0004	89,20	0,002	24,23
	4 7	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -9,8634504445 + 2,1247537982 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,9791152493 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0011	95,61	0,011	16,4
		$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -11,2018075446 + 2,3521529274 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,9058089005 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0005	96,36	0,006	19,15
	8	$\text{Ln}(\text{VTcc}) = -8,836687066 + 1,4640035977 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 1,2169940008 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0004	79,30	0,004	21,57
		$\text{Ln}(\text{VTsc}) = -10,9010668713 - 0,0496658593 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 4,4449885713 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0001	76,38	0,001	34,13

...continua...

TABELA 60, Cont.

Volume de fuste (m ³)	1 4 6 7 9	$\text{Ln}(V_{ccF}) = -8,9946435146 +$ $1,5750088246 * \text{Ln}(Dap) +$ $0,8740919397 * \text{Ln}(H)$	0,0009	87,06	0,009	32,35
		$\text{Ln}(V_{scF}) = -11,004339792 +$ $2,2600360271 * \text{Ln}(Dap) +$ $0,4947895983 * \text{Ln}(H)$	0,0005	87,27	0,005	38,28
	2 3 8	$\text{Ln}(V_{ccF}) = -7,6215155307 +$ $1,030530055 * \text{Ln}(Dap) +$ $0,5651297482 * \text{Ln}(H)$	0,0007	59,17	0,004	33,71
		$\text{Ln}(V_{scF}) = -9,1975523189 +$ $0,7997292249 * \text{Ln}(Dap) +$ $1,2570357799 * \text{Ln}(H)$	0,0004	57,44	0,002	42,82
	5	$\text{Ln}(V_{ccF}) = -8,4724270665 +$ $2,4884309771 * \text{Ln}(Dap) -$ $0,9196401217 * \text{Ln}(H)$	0,0002	85,7	0,003	18,3
		$\text{Ln}(V_{scF}) = -11,1273674496 +$ $3,185020954 * \text{Ln}(Dap) -$ $1,0850466582 * \text{Ln}(H)$	9E-05	87,98	0,001	26,88

4.2.2 Peso de matéria seca

Os dados da Tabela 61 mostram os valores de probabilidade de F e a significância dos testes de identidade, nível e forma de possíveis combinações dos nove municípios estudados, para a variável peso de matéria seca. Nota-se que, assim como para os volumes totais e de fuste, quando o peso de matéria seca é ajustado para a combinação que contém os nove municípios, os testes de identidade, de nível e de forma mostram-se significativos, ou seja, não existe similaridade entre estes municípios e eles não devem ser agrupados para se realizar as estimativas.

Entretanto, quando os municípios de Nazareno (7) e de Santo Antônio do Amparo (8) são retirados da combinação, os testes de identidade, nível e forma passam a ser não significativos, mostrando que há similaridade entre os municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6) e Uberaba (9), ou seja, que estes municípios são idênticos. Sendo assim, para estes municípios, pode-se utilizar a mesma equação

de Schumacher e Hall logaritmizada para a estimativa do peso de matéria seca de pau-santo. Já para os municípios de Nazareno (7) e Santo Antônio do Amparo (8), devem ser utilizadas outras equações (Tabela 62).

TABELA 61 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável peso de matéria seca (PS) e para as combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
PS	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Identidade	0,0000	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Nível	0,0001	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Forma	0,0000	S
	1 2 3 4 5 6 9	Identidade	0,0502	NS
	1 2 3 4 5 6 9	Nível	0,1586	NS
	1 2 3 4 5 6 9	Forma	0,0713	NS

TABELA 62 Equações de Schumacher e Hall logarítmica com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m³), para a variável peso de matéria seca (PS).

Variável	Combinação	Equações	\bar{E} (t)	R^2 (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
PS	1 2 3 4 5 6 9	$\text{Ln(PS)} = -10,6053 + 2,20772 * \text{Ln(Dap)} + 0,726309 * \text{Ln(H)}$	0,0007	90,36	0,0048	23,98
	7	$\text{Ln(PS)} = -10,45016 + 2,1184 * \text{Ln(Dap)} + 0,94371 * \text{Ln(H)}$	0,0005	95,21	0,0053	12,42
	8	$\text{Ln(PS)} = -9,58407 + 1,44733 * \text{Ln(Dap)} + 1,2694 * \text{Ln(H)}$	0,0005	56,25	0,0034	31,81

4.2.3 Volume de casca

Na Tabela 63 encontram-se os valores de probabilidade de F para os testes de identidade, de nível e de forma da variável volume de casca, para as combinações dos nove municípios estudados.

Observa-se que, assim como para todas as outras variáveis dependentes estudadas, também para a variável volume de casca os testes de identidade, de

nível e de forma foram significativos para a combinação que compreende todos os municípios (Alpinópolis, 1; Bambuí, 2; Ibiá, 3; Luminárias, 4; Monte Alegre, 5; Monte Carmelo, 6; Nazareno, 7; Santo Antônio do Amparo, 8 e Uberaba, 9), mostrando que não existe similaridade entre estes municípios e que estes não podem ser agrupados.

Entretanto, existe a possibilidade de formação de dois grupos com estes nove municípios, um com a presença de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9), e outro com Ibiá (3), Luminárias (4) e Nazareno (7). Isso porque estes dois grupos foram não significativos para os três testes analisados, mostrando que existe similaridade entre os municípios pertencentes a cada grupo.

Na Tabela 64 são apresentadas as equações referentes ao modelo de Schumacher e Hall logaritmicado que podem ser utilizadas para estimar o volume de casca em cada um dos grupos acima descritos, juntamente com suas medidas de precisão.

TABELA 63 Valores de probabilidade de F para teste de identidade, de nível e de forma, para a variável volume de casca (VC) e para as combinações dos municípios de Alpinópolis (1), Bambuí (2), Ibiá (3), Luminárias (4), Monte Alegre (5), Monte Carmelo (6), Nazareno (7), Santo Antônio do Amparo (8) e Uberaba (9).

Variável	Combinações	Testes	Probabilidade - F	Significância
VC	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Identidade	0,0007	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Nível	0,0025	S
	1 2 3 4 5 6 7 8 9	Forma	0,0001	S
	1 2 5 6 8 9	Identidade	0,2011	NS
	1 2 5 6 8 9	Nível	0,2185	NS
	1 2 5 6 8 9	Forma	0,154	NS
	3 4 7	Identidade	0,2006	NS
	3 4 7	Nível	0,4132	NS
	3 4 7	Forma	0,1323	NS

TABELA 64 Equações de Schumacher e Hall logarítmica com suas medidas de precisão (coeficiente de determinação em porcentagem, e erro padrão residual em porcentagem e em m³), para a variável volume de casca.

Variável	Combinação	Equações	\bar{E} (m ³)	R ² (%)	Syx (m ³)	Syx (%)
Volume de casca	1 2 5 6 8 9	$\text{Ln}(\text{VC}) = -9,3677812829 + 1,8535447515 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,6746479469 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0006	89,61	0,0045	20,8
	3 4 7	$\text{Ln}(\text{VC}) = -10,075216535 + 1,9773440574 * \text{Ln}(\text{Dap}) + 0,9940202624 * \text{Ln}(\text{H})$	0,0006	93,66	0,0078	20,32

4.3 Comportamento do volume

Os dados da Tabela 65 mostram os valores médios de volume de fuste e de volume de galhos até 3 cm de diâmetro com casca do pau-santo por classe diamétrica, além de suas respectivas porcentagens, para cada um dos nove municípios estudados.

Observa-se, nesta Tabela e na Figura 47, que todos os nove municípios estudados apresentam tendência de aumentar os volumes no fuste e nos galhos, à medida que aumentam as classes diamétricas. Porém, a porcentagem de volume do fuste em relação ao volume total diminui, enquanto a porcentagem de volume dos galhos aumenta.

Ainda na Tabela 65, observa-se a porcentagem média ponderada de volume do fuste e dos galhos; os municípios de Alpinópolis, Luminárias, Monte Alegre, Monte Carmelo, Santo Antônio do Amparo e Uberaba, as árvores de pau-santo possuem, em média, mais volume de fuste do que de galhos, sendo os valores de porcentagem de volume do fuste e de volume dos galhos iguais a 64,56% e 35,44%; 52,76% e 47,24%; 60,87% e 39,13%; 75,17% e 24,83%; 53,21% e 46,79%; e 67,36% e 32,64%, respectivamente, para cada município. E nos municípios de Bambuí, Ibiá, Monte Alegre e Nazareno, ocorre o contrário, sendo os valores de porcentagem de fuste e de galhos iguais a 49,294% e

50,71%; 49,65% e 50,35%; 50,88% e 52,60%, respectivamente para cada município acima citado.

Campos et al. (1992), estudando o volume de *Eucalyptus saligna* em Viçosa, MG, concluíram que o volume médio de madeira da copa em relação ao volume total das árvores foi de 35,5%. Felfili (1983) realizou a cubagem rigorosa da copa de árvores de florestas nativas no norte do estado do Mato Grosso e concluiu que o volume de galhos representa cerca de 30% do volume total das árvores daquelas florestas.

Os valores de porcentagem de galhos encontrados por estes autores são inferiores aos encontrados neste estudo. Esse fato pode ser explicado por Scolforo et al. (2004), quando estudava o comportamento do volume da Candeia. Estes autores citaram que, em espécies nativas que normalmente crescem em campo aberto, a proporção do volume contido na copa aumenta à medida que as árvores ficam maiores, mostrando que há coerência na tendência encontrada neste estudo. Já em matas ou em plantios, onde o espaçamento entre as árvores é mais adensado, a proporção entre o volume contido nas copas em relação ao volume contido no fuste é pequena.

TABELA 65 Valores médios de volume de fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca para o pau-santo, em metros cúbicos (m³) e em porcentagem (%) por classe diamétrica (CLD).

Município	CLD	Volume				Município	CLD	Volume			
		Fuste		Galhos				Fuste		Galhos	
		m ³	%	m ³	%			m ³	%	m ³	%
Alpinópolis	5-10	0,0103	67,78	0,0049	32,22	Monte Carmelo	5-10	0,0144	80,26	0,0036	19,74
	10-15	0,0253	58,13	0,0183	41,87		10-15	0,0314	68,39	0,0145	31,61
	15-20	-	-	-	-		15-20	-	-	-	-
	20-25	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-
	Média	0,6209	64,56	0,3791	35,44		Média	0,7246	75,17	0,2754	24,83
Bambuí	5-10	0,0088	63,28	0,0051	36,72	Nazareno	5-10	0,0103	56,33	0,0080	43,67
	10-15	0,0138	35,31	0,0252	64,69		10-15	0,0236	46,92	0,0267	53,08
	15-20	-	-	-	-		15-20	0,0434	60,85	0,0372	52,19
	20-25	-	-	-	-		20-25	0,0816	35,60	0,1475	64,40
	Média	0,4264	49,29	0,5736	50,71		Média	0,4442	50,88	0,5856	52,60
Ibiá	5-10	0,0118	78,68	0,0032	21,32	Santo Antônio do Amparo	5-10	0,0077	61,02	0,0049	38,98
	10-15	0,0165	35,35	0,0302	64,65		10-15	0,0109	48,52	0,0116	51,48
	15-20	0,0319	30,02	0,0745	69,98		15-20	-	-	-	-
	20-25	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-
	Média	0,3693	49,65	0,6307	50,35		Média	0,5165	53,21	0,4835	46,79
Luminárias	5-10	0,0125	63,98	0,0070	36,02	Uberaba	5-10	0,0121	75,84	0,0039	24,16
	10-15	0,0271	53,98	0,0231	46,02		10-15	0,0247	66,25	0,0126	33,75
	15-20	0,0431	36,17	0,0761	63,83		15-20	0,0465	60,00	0,0310	40,00
	20-25	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-
	Média	0,4520	52,76	0,5480	47,24		Média	0,6372	67,36	0,3628	32,64
Monte Alegre	5-10	0,0117	72,35	0,0045	27,65	-	-	-	-	-	
	10-15	0,0201	53,71	0,0173	46,29	-	-	-	-	-	
	15-20	0,0408	52,22	0,0374	47,78	-	-	-	-	-	
	20-25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Média	0,5633	60,87	0,4367	39,13	-	-	-	-	-	

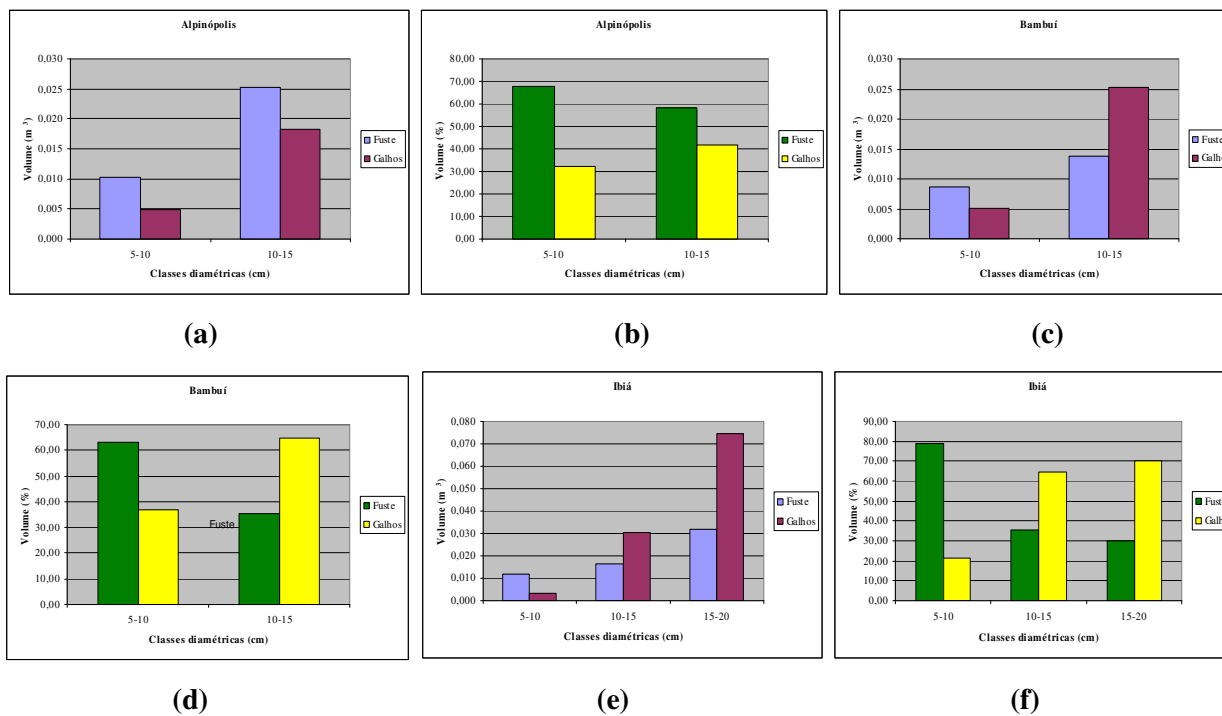
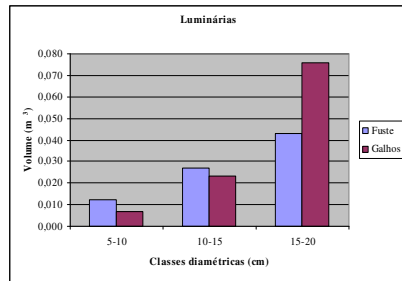
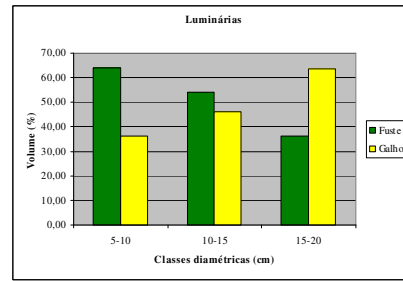


FIGURA 47 Gráficos de comportamento do volume no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), em que (a), (c), (e), (g), (i), (l), (n), (p) e (r) representam o volume, em metros cúbicos (m^3), para os nove municípios, e (b), (d), (f), (h), (j), (m), (o), (q) e (s) representam a porcentagem do volume (%) para os mesmos nove municípios (... continua...)

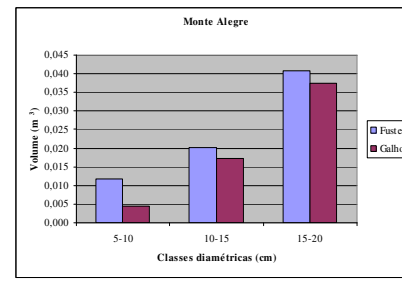
FIGURA 47, Cont.



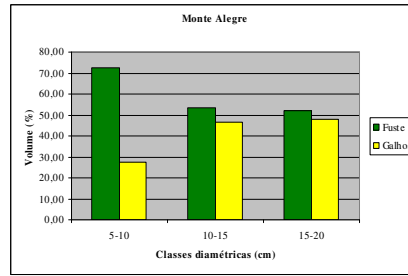
(g)



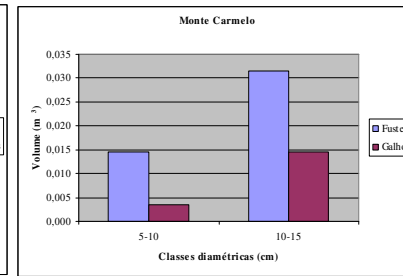
(h)



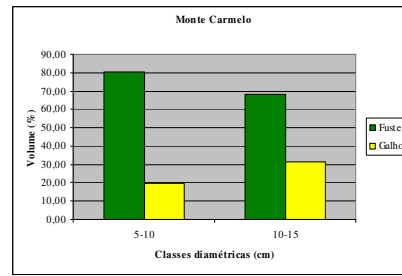
(i)



(j)



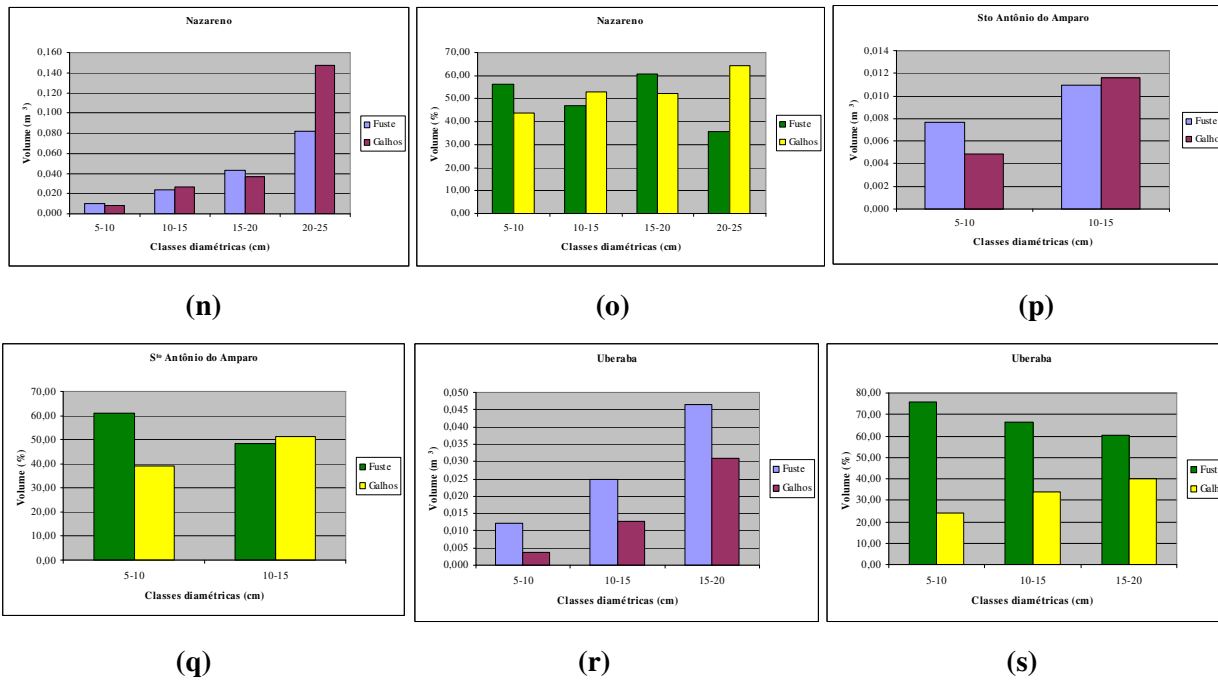
(l)



(m)

(... continua ...)

FIGURA 47, Cont.



4.4 Comportamento da densidade básica e do peso de matéria seca

O comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos do Pau-Santo, é mostrado na Tabela 66 e na Figura 48, por classe diamétrica, em cada um dos nove municípios estudados. Nesta tabela pode-se observar que a densidade no fuste varia entre 0,48 e 0,65 g/cm^3 , mas com predominância de valores entre 0,50 e 0,58 g/cm^3 . Já nos galhos, a densidade tem uma variação entre 0,43 a 0,60 g/cm^3 e predominam os valores entre 0,43 e 0,50 g/cm^3 .

Os valores de densidade encontrados neste estudo assemelham-se aos do estudo desenvolvido por Vale et al. (2002), os quais afirmaram que a densidade básica da madeira de espécies do Cerrado apresenta variação de 0,20 a 0,78 g/cm^3 .

Analisando-se a Tabela 66 e a Figura 48, percebe-se que, nos municípios de Alpinópolis, Bambuí, Ibiá e Luminárias, existe tendência de aumento da densidade básica com o aumento da classe diamétrica, tanto no fuste quanto nos galhos. Os municípios de Monte Alegre, Monte Carmelo e Santo Antônio do Amparo apresentaram tendência contrária, ou seja, de diminuição da densidade básica à medida que se aumenta o diâmetro da árvore. Já nos municípios de Nazareno e Uberada, nenhuma tendência clara foi encontrada. Em todos os municípios, a densidade básica do fuste é maior que a densidade básica dos galhos.

Ainda na Tabela 66 estão presentes os valores médios de peso de matéria seca por classe diamétrica, para cada um dos nove municípios estudados. Por esta Tabela e pela Figura 49, observa-se que há um acréscimo no peso de matéria seca conforme se aumenta a classe diamétrica das árvores. Essa mesma tendência foi observada por Scolforo et al. (2004) e por Camolesi (2007), estudando o comportamento do peso de matéria seca para a candeia.

TABELA 66 Valores médios de densidade básica do fuste e galhos até 3 cm de diâmetro com casca, em g/cm³, e de peso de matéria seca, em toneladas, para o pau-santo, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD).

Município	Densidade básica (g/cm ³)				Município	Densidade básica (g/cm ³)			
	CLD	Fuste	Galhos	Peso Seco (t)		CLD	Fuste	Galhos	Peso seco (t)
Alpinópolis	5-10	0,5345	0,4603	0,0050	Monte Carmelo	5-10	0,5380	0,4568	0,0088
	10-15	0,5560	0,4555	0,0144		10-15	0,4917	0,4407	0,0209
	15-20	-	-	-		15-20	-	-	-
	20-25	-	-	-		20-25	-	-	-
	Média	0,5453	0,4579	0,0097		Média	0,5148	0,4487	0,0149
Bambuú	5-10	0,5123	0,4360	0,0065	Nazareno	5-10	0,5528	0,5040	0,0096
	10-15	0,6480	0,4888	0,0214		10-15	0,5500	0,4780	0,0260
	15-20	-	-	-		15-20	0,5528	0,5063	0,0376
	20-25	-	-	-		20-25	0,5590	0,4847	0,1173
	Média	0,5801	0,4624	0,0139		Média	0,5536	0,4932	0,0477
Ibiá	5-10	0,4865	0,4440	0,0069	Santo Antônio do Amparo	5-10	0,5600	0,4773	0,0062
	10-15	0,5263	0,4700	0,0232		10-15	0,4870	0,4766	0,0134
	15-20	0,5687	0,5273	0,0577		15-20	-	-	-
	20-25	-	-	-		20-25	-	-	-
	Média	0,5271	0,4804	0,0293		Média	0,5235	0,4770	0,0098
Luminárias	5-10	0,5228	0,4708	0,0069	Uberaba	5-10	0,5848	0,5943	0,0093
	10-15	0,5608	0,4768	0,0205		10-15	0,6470	0,5525	0,0222
	15-20	0,5623	0,5267	0,0462		15-20	0,6003	0,5583	0,0448
	20-25	-	-	-		20-25	-	-	-
	Média	0,5486	0,4914	0,0245		Média	0,6107	0,5683	0,0254
Monte Alegre	5-10	0,5605	0,4930	0,0085	-	-	-	-	
	10-15	0,5763	0,5283	0,0207	-	-	-	-	
	15-20	0,5270	0,4640	0,0383	-	-	-	-	
	20-25	-	-	-	-	-	-	-	
	Média	0,5546	0,4951	0,0225	-	-	-	-	

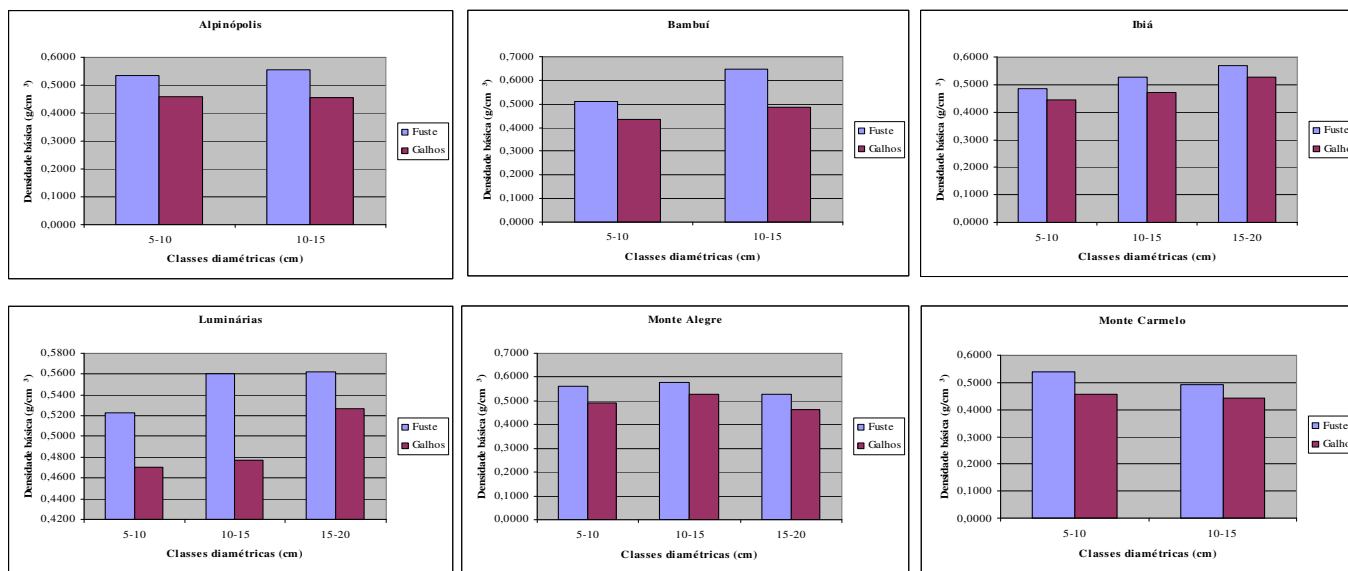
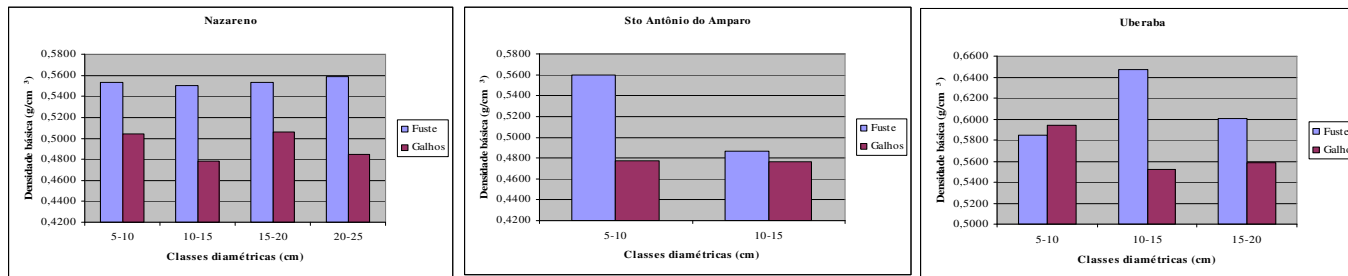


FIGURA 48 Gráficos de comportamento da densidade básica (g/cm^3) no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro com casca do pau-santo, distribuídos em diferentes classes diamétricas (CLD), para os nove municípios estudados. (... continua ...)

FIGURA 48, Cont.



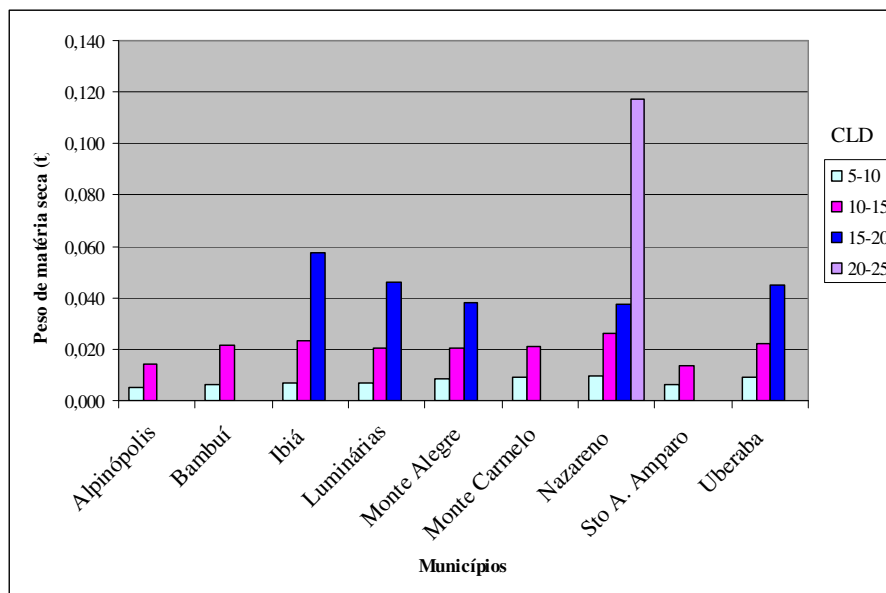


FIGURA 49 Distribuição do peso de matéria seca (t) do pau-santo em relação às classes diamétricas (CLD), para os nove municípios estudados.

4.5 Porcentagem de casca

Na Tabela 67 são apresentados valores médios de volume de casca total, no fuste, nos galhos do pau-santo, para cada classe diamétrica, em cada um dos nove municípios estudados, além das suas respectivas porcentagens.

Por esta Tabela e pela Figura 50, observa-se que, nos municípios de Ibiá, Luminárias, Monte Alegre, Nazareno e Uberaba, existe tendência de as menores classes possuírem maior porcentagem de casca em relação às classes diamétricas maiores, tanto no fuste quanto nos galhos, variando entre 44% e 75%, para o fuste e entre 49% e 86%, para os galhos. Camolesi (2007), quantificando o volume por classe de diâmetro da espécie *Eremanthus erythropappus* (candeia), em três municípios do estado de Minas Gerais, encontrou esta mesma tendência para porcentagem de casca nos três municípios estudados, entretanto, com valores de porcentagem variando entre 25% e 8%.

Castro et al. (1979) também encontraram esta tendência de diminuição da porcentagem de casca à medida em que aumentou o diâmetro das árvores, em estudo com árvores de *Gmelina arborea* provenientes de plantios, no município de Viçosa, MG. A porcentagem de casca em relação ao volume do tronco encontrada por eles variava entre 26% e 32%.

Pelos dados da Tabela 67 e pela Figura 50, observa-se que, nos municípios de Alpinópolis e Santo Antônio do Amparo, ocorre o contrário, ou seja, há a tendência de aumento da porcentagem de casca nos fustes e nos galhos, à medida em que aumentam as classes diamétricas. Nos municípios de Bambuí e Monte Carmelo, a porcentagem de casca no fuste diminui e, nos galhos e na árvore total, aumenta, com o aumento da classe diamétrica. Para estes quatro municípios, a porcentagem de casca varia entre 36% e 70% no fuste e 25% e 78% nos galhos.

Esta tendência foi explicada por Scolforo et al. (2004), que citaram que, normalmente, o que se espera é que a porcentagem de casca seja maior nas árvores menores. Entretanto, isso normalmente ocorre em plantios ou em espécies florestais que estão mais adensadas, fazendo com que a proporção entre o volume dos galhos em relação ao volume do fuste seja pequena. Já no caso de algumas espécies nativas que normalmente crescem em campo aberto, a proporção do volume nos galhos aumenta à medida em que as árvores ficam maiores. Com isso, há maior proporção de casca para os indivíduos grandes.

Os valores médios de porcentagem de casca total para as árvores de pau-santo também se encontram na Tabela 67 e variam de 55% a 75%, conforme o município. Estes valores mostram que o pau-santo é uma boa aposta para a extração de cortiça, pois possui alto percentual de casca. Segundo Ferreira (1974), o material corticoso do pau-santo apresenta alto percentual dependente da localização geográfica e classe diamétrica da árvore, podendo representar até 75% do volume das plantas.

TABELA 67 Valores de volume de casca total, no fuste e nos galhos até 3 cm de diâmetro e suas respectivas porcentagens, distribuídos nas diferentes classes diamétricas, para os nove municípios estudados.

Município	CLD	Volume de casca						Município	CLD	Volume de casca					
		Fuste		Galhos		Total				Fuste		Galhos		Total	
		m ³	%	m ³	%	m ³	%			m ³	%	m ³	%	m ³	%
Alpinópolis	5-10	0,0060	58,02	0,0035	71,86	0,0095	63,86	Monte Carmelo	5-10	0,0096	66,41	0,0024	67,49	0,0120	66,29
	10-15	0,0166	65,45	0,0134	73,29	0,0300	68,46		10-15	0,0200	63,57	0,0103	70,72	0,0303	67,06
	15-20	-	-	-	-	-	-		15-20	-	-	-	-	-	-
	20-25	-	-	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-	-	-
	Média	0,0113	60,50	0,0084	72,34	0,0197	65,39		Média	0,0148	65,19	0,0063	68,87	0,0211	66,62
Bambuú	5-10	0,0057	64,96	0,0033	64,70	0,0090	65,42	Nazareno	5-10	0,0054	52,63	0,0051	63,09	0,0105	57,43
	10-15	0,0086	62,05	0,0175	69,39	0,0261	66,50		10-15	0,0118	49,87	0,0171	64,16	0,0289	57,79
	15-20	-	-	-	-	-	-		15-20	0,0203	46,80	0,0184	49,53	0,0387	52,41
	20-25	-	-	-	-	-	-		20-25	0,0360	44,19	0,0837	56,73	0,1197	52,79
	Média	0,0071	63,51	0,0104	67,05	0,0175	65,96		Média	0,0184	48,65	0,0311	58,49	0,0495	55,26
Ibiá	5-10	0,0082	69,22	0,0023	72,46	0,0105	71,20	Santo Antônio do Amparo	5-10	0,0057	36,14	0,0035	25,14	0,0091	74,00
	10-15	0,0109	65,69	0,0212	70,02	0,0320	68,46		10-15	0,0085	69,44	0,0114	77,81	0,0199	73,49
	15-20	0,0197	61,72	0,0503	67,59	0,0701	66,08		15-20	-	-	-	-	-	
	20-25	-	-	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-	-	
	Média	0,0129	65,89	0,0246	70,24	0,0375	68,81		Média	0,0071	56,95	0,0074	58,06	0,0145	75,00
Luminárias	5-10	0,0075	59,84	0,0048	68,37	0,0123	63,10	Uberaba	5-10	0,0084	69,31	0,0026	67,85	0,0110	70,26
	10-15	0,0138	50,74	0,0153	66,26	0,0291	57,15		10-15	0,0147	59,60	0,0100	79,18	0,0247	65,87
	15-20	0,0192	44,50	0,0491	64,60	0,0683	58,31		15-20	0,0251	54,12	0,0240	77,47	0,0491	63,07
	20-25	-	-	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-	-	
	Média	0,0135	52,34	0,0231	66,58	0,0366	59,63		Média	0,0161	61,01	0,0122	74,84	0,0283	66,40
Monte Alegre	5-10	0,0088	75,32	0,0038	85,71	0,0126	78,06	-	5-10	-	-	-	-	-	-
	10-15	0,0138	68,78	0,0136	78,92	0,0274	73,21		10-15	-	-	-	-	-	-
	15-20	0,0267	65,34	0,0284	75,99	0,0551	70,74		15-20	-	-	-	-	-	-
	20-25	-	-	-	-	-	-		20-25	-	-	-	-	-	-
	Média	0,0164	70,71	0,0153	81,05	0,0317	74,65		Média	-	-	-	-	-	-

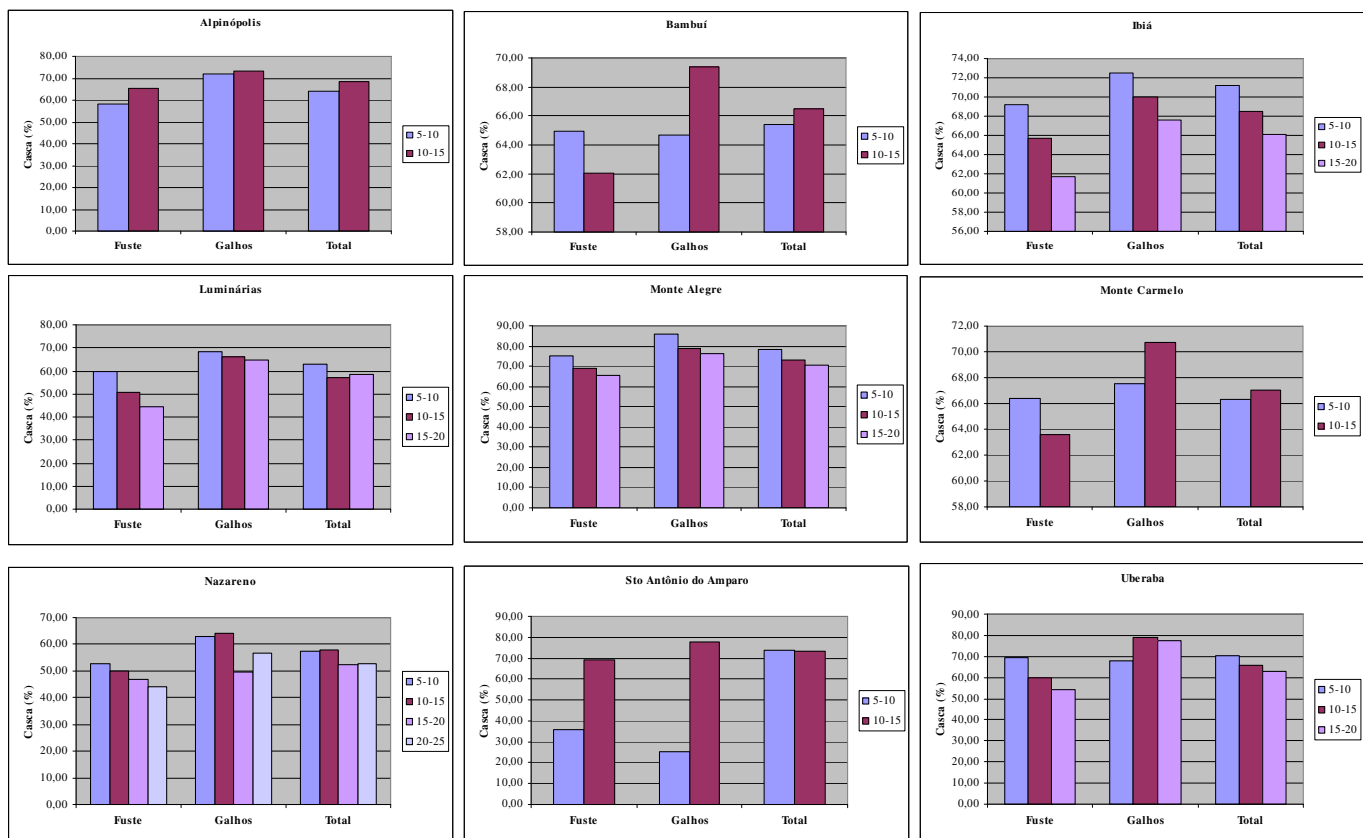


FIGURA 50 Comportamento da porcentagem de casca em relação às classes diamétricas (CLD), para o total, o fuste e os galhos até 3 cm de diâmetro, das árvores de pau-santo, nos nove municípios estudados.

5 CONCLUSÕES

- As estimativas volumétricas, de peso de matéria seca e de cortiça do pau-santo devem ser realizadas pelo modelo de Schumacher e Hall logaritimizado, nos nove municípios estudados.
- O teste de identidade entre modelos mostrou, para as variáveis volume total com casca e volume total sem casca, que há a possibilidade de formação de três grupos. No primeiro grupo estão presentes os municípios de Alpinópolis, Bambuí, Ibiá, Monte Alegre, Monte Carmelo e Uberaba; no segundo grupo, os municípios de Luminárias e Nazareno e, no terceiro grupo, apenas o município de Santo Antonio do Amparo.
- Para o volume de fuste com e sem casca, o teste de identidade também apontou a possibilidade de formação de três grupos, sendo o primeiro com os municípios de Alpinópolis, Luminárias, Monte Carmelo, Nazareno e Uberaba; o segundo grupo com os municípios de Bambuí, Ibiá e Santo Antônio do Amparo e o terceiro grupo apenas com o município de Monte Alegre.
- Para o peso de matéria seca, o teste de identidade indicou a possibilidade de agrupamento de sete dos nove municípios estudados, que são Alpinópolis, Bambuí, Ibiá, Luminárias, Monte Alegre, Monte Carmelo e Uberaba.
- Para o volume de casca, o teste de identidade indicou a possibilidade de formação de dois grupos, um com os municípios de Alpinópolis, Bambuí, Monte Alegre, Monte Carmelo, Santo Antônio do Amparo e Uberaba, e outro com os municípios de Ibiá, Luminárias e Nazareno.
- Para os nove municípios estudados, existe tendência de diminuição da porcentagem de volume no fuste em relação ao volume total e de

aumento da porcentagem de volume nos galhos à medida que aumentam as classes diamétricas.

- Quanto à densidade básica, para os municípios de Alpinópolis, Bambuí, Ibiá e Luminárias, existe tendência de aumento desta no fuste e nos galhos, à medida que aumenta a classe diamétrica.
- Para os municípios de Monte Alegre, Monte Carmelo e Santo Antônio do Amparo, existe tendência de diminuição da densidade básica no fuste e nos galhos, à medida que aumenta a classe diamétrica.
- Para os municípios de Nazareno e Uberaba, não existe tendência clara de diminuição ou de aumento da densidade com o aumento da classe diamétrica, tanto para fuste quanto para galhos.
- Existe tendência de acréscimo do peso de matéria seca com o aumento da classe diamétrica das árvores, nos nove municípios estudados.
- Em Ibiá, Luminárias, Monte Alegre, Nazareno e Uberaba, a porcentagem de casca do fuste e dos galhos diminui à medida que há um aumento no diâmetro da árvore.
- Já em Alpinópolis e Santo Antônio do Amparo, a tendência é de aumento da porcentagem de casca do fuste e dos galhos, com o aumento da classe diamétrica.
- Para Bambuí e Monte Carmelo, a porcentagem de casca do fuste diminui e a dos galhos aumenta, à medida que aumentam as classes diamétricas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELCHIOR, P. R. M. **Estimação de volumes total, de fuste e de galhos em Mata Secundária no município de Rio Vermelho, MG.** 1996. 75p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- CAMOLESI, J. F. **Volúmetria e teor alfa-bisabolol para Candeia *Eremanthus erythropappus*.** 2007. 101p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A.; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucaliptos de grande porte. **Revista Árvore**, v.16, n.3, p.319-336, 1992.
- CASTRO, N. S.; FOELKEL, C. E. B.; GOMIDE, J. L. Aproveitamento industrial da madeira de *Gmelina arborea* Roxb. para a produção de celulose. **Revista Árvore**, v.3, n.1, p.24-46, 1979.
- CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país: relatório final.** Belo Horizonte, 1995.
- DIONELLO, S. B.; BASTA, F. Informações sobre os caracteres quantitativos e qualitativos dos frutos e sementes de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Brasil Florestal**, Brasília, v.10, n.44, p.75-80, 1980.
- FELFILI, J. M. **Avaliação do potencial florestal e dos resíduos de exploração das florestas do norte do Estado do Mato Grosso.** 1983. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- FERREIRA, M. B. **Flores do planalto: divisas para Brasília.** Cerrado, Brasília, 1974. 23p.
- FORTES, M. A. A cortiça. **Colóquio de Ciências**, Lisboa, n.4, p.35-60, jan./abr. 1989.
- GRAYBILL, F. A. **Theory and application of linear model.** Belmont: Duxbury, 1976. 704p.

SANTOS, J. dos. **Análise de modelos de regressão para estimar a fitomassa da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira.** 1996. 121p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SCOLFORO, J. R. S.; PÉREZ, J. F. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D. de; CAMOLESI, J. F.; BORGES, F.R.; ACERBI JÚNIOR, F. W. Estimativas de volume, peso seco, peso de óleo e quantidade de moirões para Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Revista Cerne**, Lavras, v.10, n.1, p.87-102, 2004.

SILVA, M. K. A.; ROSA, R. Cobertura vegetal natural e uso antrópico nas Upgrh's e bacias hidrográficas federais do bioma Cerrado-Mg. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.19, n.1, 169-183, 2007.

VALE, A. T. do; BRASIL, M. A. M.; LEÃO, A. L. Quantificação e caracterização energética da madeira e casca de espécies do cerrado. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.12, n.1, p.71-80, 2002.