

DANIEL QUEIROZ

AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES DE AFILAMENTO E SORTIMENTOS
PARA *Mimosa scabrella* Bentham EM POVOAMENTOS NATIVOS DA
REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em Ciências
Florestais. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral
Machado

CURITIBA
2006

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	4
LISTA DE FIGURAS	7
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GERAL.....	20
2.1.1 Objetivos Específicos	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A <i>Mimosa scabrella</i> Bentham	21
3.1.1 Classificação Botânica.....	21
3.1.2 Área de Ocorrência da Bracatinga.....	22
3.1.3 Sistema de Manejo da Bracatinga	23
3.1.4 Usos da Bracatinga	24
3.2 FORMA DO FUSTE DAS ÁRVORES.....	25
3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO DOS MODELOS PARA DESCREVER OS FUSTES DAS ÁRVORES	27
3.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A FORMA DO FUSTE DAS ÁRVORES.....	28
3.4.1 Sítio.....	28
3.4.2 Idade	28
3.4.3 Espaçamento.....	30
3.4.4 Desbaste.....	31
3.4.5 Herdabilidade	32
3.4.6 Poda	32
3.4.7 Posição Sociológica.....	33
3.5 FUNÇÕES DE AFILAMENTO.....	33
3.6 POLINÔMIOS NÃO-SEGMENTADOS.....	40
3.7 SORTIMENTO FLORESTAL.....	42
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44

4.2 VOLUMETRIA.....	45
4.3 FUNÇÕES DE AFILAMENTO.....	47
4.4 ACURACIDADE DOS MODELOS DE AFILAMENTO	51
4.5 VALIDAÇÃO DAS FUNÇÕES DE AFILAMENTO.....	53
4.6 SORTIMENTO	54
4.7 TESTE DE IDENTIDADE	55
4.8 PROCESSAMENTO DOS DADOS	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS	57
5.2 AJUSTES DOS MODELOS	58
5.3 ACURACIDADE DOS MODELOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS ..	62
5.4 ACURACIDADE DOS MODELOS NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES	72
5.5 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO UTILIZADAS PARA A ESTIMATIVA DE VOLUMES	78
5.6 SORTIMENTO DE MADEIRA OBTIDO PELAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO EM DIFERENTES IDADES	80
5.7 TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS	83
6 CONCLUSÕES.....	86
7 BIBLIOGRAFIA	87

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	NOMENCLATURA E DESCRIÇÃO DA <i>Mimosa scabrella</i> Bentham (CARPANEZZI et. al, 1988).....	21
TABELA 2	DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE DIÂMETRO.....	46
TABELA 3	DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADE.....	47
TABELA 4	ESTATÍSTICAS UTILIZADAS PARA AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS E VOLUMES COMERCIAIS.....	52
TABELA 5	FREQUÊNCIA DE ÁRVORES CUBADAS PELOS MÉTODOS DE HOHENADL E XILÔMETRO, NAS DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS.....	53
TABELA 6	FREQUÊNCIA DE ÁRVORES CUBADAS PELOS MÉTODOS DE HOHENADL E XILÔMETRO, NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADES.....	54
TABELA 7	ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS DE AFILAMENTO.....	55
TABELA 8	HIPÓTESES DE IDENTIDADE PARA O MODELO SELECIONADO PARA CADA CLASSE DE IDADE, CONSIDERANDO TODAS AS COMBINAÇÕES POSSÍVEIS.....	56
TABELA 9	ESTATÍSTICAS PARA AS VARIÁVEIS DIÂMETRO ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA DO FUSTE E VOLUME, PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS, DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	58
TABELA 10	PARÂMETROS ESTIMADOS E MEDIDAS DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL DIÂMETROS PARA OS MODELOS TESTADOS, PARA AS CINCO CLASSES DIAMÉTRICAS E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	60
TABELA 11	PARÂMETROS ESTIMADOS E MEDIDAS DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL DIÂMETROS PARA OS MODELOS TESTADOS, PARA AS QUATRO CLASSES DE IDADES E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	61

TABELA 12	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , PARA O AJUSTE DO CONJUNTO TOTAL DOS DADOS (NÃO AGRUPADOS).....	65
TABELA 13	CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS, E VALORES PERCENTUAIS DAS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.....	67
TABELA 14	CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS, E VALORES PERCENTUAIS DAS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.....	68
TABELA 15	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , PARA O AJUSTE DO CONJUNTO TOTAL DOS DADOS (NÃO AGRUPADOS).....	75
TABELA 16	CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS; E VALORES PERCENTUAIS PARA ÀS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA ESTIMATIVA DOS VOLUMES TOTAIS E PARCIAIS.....	76
TABELA 17	CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS; E VALORES PERCENTUAIS PARA ÀS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA ESTIMATIVA DOS VOLUMES TOTAIS E PARCIAIS.....	76
TABELA 18	VALORES DE χ^2 TABELADOS E ESTATÍSTICA DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME TOTAL, PARA CADA CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	79
TABELA 19	VALORES DE χ^2 TABELADOS E ESTATÍSTICA DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME, PARA CADA CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	80

TABELA 20	NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE COM SEUS RESPECTIVOS SORTIMENTOS ($m^3.ha^{-1}$) PARA IDADES INDIVIDUAIS E AGRUPADAS.....	82
TABELA 21	NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE COM SEUS RESPECTIVOS SORTIMENTOS (NÚMERO TORAS. ha^{-1}) PARA IDADES INDIVIDUAIS E AGRUPADAS.....	82
TABELA 22	RESULTADO DO TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS POR MEIO DO TESTE DE F, PARA AS 11 COMBINAÇÕES DENTRO DAS QUATRO CLASSES DE IDADE ESTUDADAS PARA O POLINÔMIO DE 5º GRAU.....	84
TABELA 23	RESULTADO DO TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS POR MEIO DO TESTE DE F, PARA AS 11 COMBINAÇÕES DENTRO DAS QUATRO CLASSES DE IDADE ESTUDADAS PARA O POLINÔMIO DE POTÊNCIAS FRACIONÁRIAS.....	84
TABELA 24	RESULTADO DO TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS POR MEIO DO TESTE DE F, PARA AS 11 COMBINAÇÕES DENTRO DAS QUATRO CLASSES DE IDADE ESTUDADAS PARA O POLINÔMIO DE KOZAK.....	85

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR.	45
FIGURA 2	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	62
FIGURA 3	PERFIL MÉDIO DOS FUSTES PARA CADA CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	70
FIGURA 4	PERFIL MÉDIO DOS FUSTES PARA CADA CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.	70
FIGURA 5	PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO SEGMENTADOS PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	71
FIGURA 6	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	72
FIGURA 7	VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	78

ANEXO A

FIGURA A1	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 5 A 9,9 CM (A); E 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.	93
FIGURA A2	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 15 A 19,9 CM (A); E 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.	94
FIGURA A3	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	95
FIGURA A4	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DE IDADES 6 A 9 ANOS (A); E 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	96
FIGURA A5	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DE IDADES 13 A 15 ANOS (A); E 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	97
FIGURA A6	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 5 A 9,9 CM (A); E 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.	98
FIGURA A7	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 15 A 19,9 CM (A); E 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.	99
FIGURA A8	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	100
FIGURA A9	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME PARA AS CLASSES DE IDADES 6 A 9 ANOS (A); E 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	101

FIGURA A10	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME PARA AS CLASSES DE IDADES 13 A 15 ANOS (A); E 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	102
------------	--	-----

ANEXO B

TABELA B1	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA DE 5 A 9,9 CM.....	104
TABELA B3	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA 15 A 19,9 CM.....	106
TABELA B4	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA 20 A 24,9 CM.....	107
TABELA B5	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA ≥ 25 CM.	108
TABELA B6	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 6 A 9 ANOS.....	109
TABELA B7	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 10 A 12 ANOS.....	110
TABELA B8	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 13 A 15 ANOS.....	111
TABELA B9	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 16 A 19 ANOS.....	112

ANEXO C

FIGURA C1	PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 5 A 9,9 CM (A); E DE 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.114
FIGURA C2	PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 15 A 19,9 CM (A); E DE 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.115
FIGURA C3	PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.116
FIGURA C4	PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADES DE 6 A 9 ANOS (A); E DE 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.117
FIGURA C5	PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADES DE 13 A 15 ANOS (A); E DE 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.118

ANEXO D

TABELA	D1	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA DE 5 A 9,9 CM.	120
TABELA	D2	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA 10 A 14,9 CM.....	121
TABELA	D3	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA 15 A 19,9 CM.....	122
TABELA	D4	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA 20 A 24,9 CM.....	123
TABELA	D5	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DIAMÉTRICA ≥ 25 CM.	124
TABELA	D6	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 6 A 9 ANOS.	125
TABELA	D7	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 10 A 12 ANOS.	126
TABELA	D8	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 13 A 15 ANOS.	127
TABELA	D9	ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>Mimosa scabrella</i> , NA CLASSE DE IDADE 16 A 19 ANOS.	128

ANEXO E

FIGURA E1	VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 5 A 9,9 CM (A); E DE 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	ix
FIGURA E2	VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 15 A 19,9 CM (A); E DE 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	x
FIGURA E3	VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	xi
FIGURA E4	VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADE DE 6 A 9 ANOS (A); E DE 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS TESTADOS.....	xii
FIGURA E5	VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADE DE 13 A 15 ANOS (A); E DE 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.....	xiii

RESUMO

Este estudo foi realizado com os objetivos de: 1) avaliar a acuracidade de três modelos polinomiais não-segmentados para estimar diâmetros e volumes ao longo do fuste de *Mimosa scabrella* por classe diamétrica e idade, e para o conjunto total dos dados; 2) verificar se o melhor modelo para estimar os diâmetros é também o melhor para estimar os volumes; 3) validar os modelos polinomiais de melhor acuracidade para a estimativa dos volumes com as árvores cubadas por meio da técnica de deslocamento de água (xilômetro); 4) avaliar as equações de afilamento para estimar volumes de múltiplos produtos da madeira de *Mimosa scabrella*; 5) testar a possibilidade de agrupar os modelos nas diferentes classes de idade pelo teste de identidade. A base de dados foi composta por 174 árvores de *Mimosa scabrella*, onde 121 árvores foram cubadas pelo método de Hohenadl com dez seções e 53 árvores pelo método do deslocamento de água (xilômetro), obtidas na Região Metropolitana de Curitiba/PR. As 121 árvores foram divididas em 5 classes diamétricas e 4 classes de idade. Procedeu-se ao ajuste de três modelos não-segmentados para cada classe diamétrica e de idade, e para o conjunto total dos dados. Os modelos não-segmentados testados foram o de Schöepfer (1966), o de Hradetzky (1976) e o de Kozak, Munro e Smith (1969). A acuracidade dos modelos testados para as estimativas foi avaliada pelas seguintes estatísticas: análise gráfica dos resíduos, coeficiente de determinação corrigido (R^2), erro padrão da estimativa (Syx%) e análise gráfica dos perfis médios utilizadas apenas para verificar se os ajustes são satisfatórios de maneira geral. Complementando, foram calculadas as seguintes estatísticas: desvio (D), desvio padrão das diferenças (SD), soma do quadrado dos resíduos relativo (SQRR) e porcentagem dos resíduos (RP) com o fim de se ter uma análise mais detalhada do desempenho das estimativas ao longo de todo o fuste. A partir dessas estatísticas complementares elaborou-se um “ranking” para detectar o modelo que propiciou estimativas mais acuradas de diâmetros e volumes ao longo do fuste. Os volumes das 53 árvores xilometradas foram então estimadas pela equação de melhor acuracidade tanto para os dados agrupados por classe de diâmetro e de idade, como para o conjunto total. Os volumes estimados dessas 53 árvores foram comparados com seus respectivos volumes reais pelo teste de qui-quadrado (χ^2). O sortimento foi feito para idades individuais e agrupadas pelas equações de melhores ajustes para a estimativa de volumes, e posteriormente extrapolados para o hectare. Na tentativa de agrupamento das classes de idade utilizou-se o teste de identidade, possibilitando fazer 11 combinações. Analisando-se os resultados concluiu-se que a equação de Hradetzky (1976) foi o melhor tanto para estimativa dos diâmetros como dos volumes, em quase todas as classes diamétrica e de idade, e o melhor para o conjunto total dos dados. A equação de Kozak et al (1969) apresentou tendenciosidade tanto nas estimativas dos diâmetros como dos volumes para todas as classes e para o conjunto total dos dados. No teste da validação verificou-se que as equações de afilamento de melhor desempenho para cada classe de diâmetro, de idade e para o conjunto total dos dados resultaram em estimativas não tendenciosas de volumes e que, portanto, podem ser utilizadas para o sortimento de madeira. Em geral os sortimentos obtidos apresentaram

grande variação entre e dentro das idades, causado pela oscilação da razão altura/diâmetro. O teste de identidade para todos os três modelos testados mostrou que se pode agrupar as classes de idade 13 a 15 com a de 16 a 19 anos. As classes de 6 a 9 anos e 10 a 12 anos, somente pode ser agrupadas para os modelos de 5º Grau e para o modelo de Kozak.

Palavras-chave: Funções de afilamento, polinômio não-segmentado, validação de modelos, sortimento, teste de identidade.

ABSTRACT

This study was accomplished with the following objectives: 1) to evaluate the accuracy of non-segmented polynomial models to estimate diameters and volumes along the stem of *Mimosa scabrella*, by diameter class, by age, and by the total of the data; 2) to verify if the best model to estimate diameters is also the best to estimate volumes; 3) to proceed the validation of the models of better accuracy for volume estimate with trees cubed through the technique of water displacement (xilometer); 4) evaluation of the taper equations to estimate volumes of multiple products of *Mimosa scabrella* wood; 5) to test the possibility of grouping the models in the different age classes through the identity test. The data base was composed by 174 trees of *Mymosa scabrella*, where 121 trees were cubed by the method of Hohenadl with ten sections and 53 trees by the method of water displacement (xilometer). All sample trees came from the Metropolitan Area of Curitiba/PR. The 121 trees were divided in 5 diameter classes and 4 age classes. It was proceeded the adjustment of three non-segmented taper models for each diameter class, for age class and for the total group of data. The tested non-segmented models were those from Schöepfer (1966), Hradetzky (1976) and Kozak, Munro and Smith (1969). The accuracy of the tested models for the estimates was evaluated through the following statistics: graphic analysis of residual adjusted R^2 , standard error of estimate in percentage (Syx%) and graphic analysis of average profiles, just used to verify if the fittings are satisfactory in a general way. Complementary the following statistics were calculated: deviation (D), standard deviation of the differences (SD), summ of squares of relative residues (SQRR) and percentage of residues (RP) in order to have a detailed analysis of the performance of estimates along of the whole stem. Starting from these complement sy statistics a ranking was performed to detect the model that propitiated more accurated estimates of diameter sand volumes along the stem. The volumes of the 53 xilometered trees were then estimated through the equation of better performance for the grouped data by diameter class and by age, as for the total of trees. The estimated volumes of these 53 trees were compared with their respective real volumes through the χ^2 estatistic. The assortment was done for individual ages and for grouped ages through the better fittings equations for volumes estimates, and later on extrapolated to hectare. In the attempt of grouping of the classes of age the identity test was used, facilitating to do 11 combinations. After the analysis it was concluded that the model from Hradetzky (1976) was the best for estimating diameters will as estimating volumes, in almost all diameter classes and ages. It was also the best for the total data set. The model from Kozak et al. (1969) presented bias estimating diameters and volumes for all classes and for the total data set. The validation test proved that taper equations of best performance for diameter estimation along the estem ware also the best for volume estimation. Therefore they can be used to do the assortment. In general the obtained assortments presented great variation among and inside of the ages, caused by the oscillation of the reason height/diameter The identity test for the three tested models showed that they can be grouped for the age classes 3 and 4. the age classes 1 and 2 only can be grouped for the 5° degree and for the Kozak models.

Key-words: Taper models, non-segmented polynomial model, validation of models, assortment, identity test.

1 INTRODUÇÃO

A bracatinga *Mimosa scabrella* (Bentham) é uma árvore da Família Leguminosae e da subfamília Mimosoideae, e sua área de ocorrência natural situa-se nos locais de climas mais frios do Brasil, sendo encontrada desde o sul de Minas Gerais até os bordos da Serra Geral, no Rio Grande do Sul (PEDROSO e MATTOS, 1987).

A bracatinga vem sendo cultivada no sul do país desde o início do século XX. No Paraná esse cultivo se intensificou devido a propaganda que visava atender a demanda energética (BARTOSZECK, 2000).

O sistema de manejo dessa espécie é realizado de modo predominante em propriedades agrícolas, caracterizado pela regeneração natural via sementes e induzido pela queima de restos da exploração florestal anterior. No primeiro ano os bracatingais são consorciados com culturas de ciclo curto, principalmente milho e feijão. Após o cultivo agrícola inicial, como regra, não são realizados raleios. No bracatingal estabelece-se forte competição e há mortalidade acentuada até a idade de 4 a 5 anos, quando a densidade torna-se mais estável. O número de plantas por hectare na idade de corte (6 a 8 anos) fica relativamente constante (CARPANEZZI et al., 1988).

O mais importante uso atual da madeira é para energia como lenha e, secundariamente, como carvão. A madeira roliça é muito procurada também para escoras na construção civil. Peças finas, retiradas aos dois anos, são usadas como varas de horta, tendo pouca durabilidade, e por isso os produtores dão preferência a taquara, quando disponível (CARPANEZZI et al. 1988). Existem outros usos dessa espécie, dentre eles: recuperação de áreas degradadas, forragem, compensados laminados, aglomeradas, moirões, dentre outros.

TONON (1998), já chamava a atenção para a possibilidade de melhoria técnica por outros manejos para a condução dos povoamentos. Uma justificativa para o propósito desse estudo seria usos alternativos da espécie, como, por exemplo, à

madeira serrada, que implicaria em um manejo para a produção de árvores com características desejáveis.

No sul do país, principalmente na Região Metropolitana de Curitiba, a bracatinga vem sendo substituída por espécies exóticas, onde se destaca o *Pinus* sp, devido as razões de mercado e principalmente porque as grandes empresas florestais têm dado incentivo aos pequenos produtores com o fomento florestal.

Visando uma valorização e otimização do uso da bracatinga, o presente estudo teve como objetivo dar um uso mais nobre com o uso da técnica do sortimento. Para que se faça o uso dessa destaca-se o emprego de funções de afilamento, que se caracterizam pela sua grande flexibilidade e dinâmica, possibilitando representar o perfil do tronco das árvores, a partir do qual pode-se estimar o número de toras vinculadas às dimensões mínimas de cada produto a serem obtidas da floresta, o que permite um planejamento da produção e logística de transporte e comercialização em função do número de toras destinadas a cada produto (ASSIS, 2000).

No Brasil o foco dos estudos onde se emprega o uso de funções de afilamento ainda é em espécies exóticas, dentre elas o *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*. Considerando o exposto e a grande diversidade de espécies existentes, este trabalho contribui para que se atente nossos trabalhos para outras espécies, como as nativas.

Neste estudo, procurou-se desenvolver funções de afilamento para a bracatinga e como consequência ter-se o sortimento da madeira com a finalidade de vislumbrar alternativas mais nobres.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver funções de afilamento para o total das árvores amostradas, por classe de diâmetro e por classe de idade para a *Mimosa scabrella* possibilitando à valorização dessa espécie florestal.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Verificar a acuracidade de modelos polinomiais não-segmentados para estimar volumes comerciais e totais, e diâmetros ao longo do fuste;
- Analisar a precisão dos ajustes por classes de diâmetro, de idade e para o conjunto total das árvores;
- Validar das equações de afilamento com os respectivos volumes reais obtidos com a técnica de deslocamento de água (xilômetro);
- Avaliar as equações de afilamento para estimar volumes de múltiplos produtos da madeira;
- Testar a possibilidade de agrupar os modelos nas diferentes classes de idade pelo teste de identidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A *Mimosa scabrella* Bentham

3.1.1 Classificação Botânica

A nomenclatura e a descrição da espécie são apresentados na Tabela 1 conforme citado por CARPANEZZI et. al, (1988):

TABELA 1 - NOMENCLATURA E DESCRIÇÃO DA *Mimosa scabrella* Bentham (CARPANEZZI et. al, 1988).

Classificação	Nomenclatura e Descrição
Nomes vulgares	Bracatinga; abraçaatinga; bracatinha, paracaatinga; bracatinga-branca; bracatinga-vermelha; bracatinga-argentina; maracatinga (Biguaçu-SC); anizeiro (MG); mandenguo (Rezende-RJ).
Família	Leguminosae
Subfamília	Mimosoideae
Nome científico	<i>Mimosa scabrella</i> Bentham
Árvore	Perenifólia, podendo atingir mais de 20 m de altura e seus diâmetros raramente atingem 40 cm. Em bracatingais tradicionais, nas idades mais comuns de corte, entre 6 e 8 anos, as maiores tem 14 a 18 m de altura e 12 a 18 cm de DAP.
Tronco	Alto e esbelto quando em maciços, ou curto e ramificado quando em árvores isoladas.
Ramificação	Simpodial e densa; copa arredondada, paucifoliada, estratificada; umbeliforme. Seu diâmetro varia de 1,5 m em povoamentos até 10 m em árvores isoladas.
Casca	Externa marron-acastanhada quando jovem, passando a acinzentada com o crescimento, normalmente com manchas brancas ou de outras cores por líquens e fungos, podendo tornar-se totalmente negra pela fumagina; áspera com separação em pequenas escamas. Casca interna de cor rosada; textura fibrosa.

Tabela 1 - continuação...

Folhas	Compostas, bipinadas; paripinadas: 5 a 7 pares de folíolos, alternas, espiraladas, tamanho médio das folhas de aproximadamente 6 cm e dos folíolos de 5 mm de comprimento por 4,5 mm de largura, pecíolo piloso, com a base reforçada; folíolos pilosos, duas estípulas grandes, caducas; tom mais verde mais escura na face superior. A copa, em seu conjunto, tem tonalidade clara até acinzentada, contrastando com o verde mais escuro predominante em outras plantas.
--------	--

3.1.2 Área de Ocorrência da Bracatinga

A primeira menção à área de distribuição geográfica da bracatinga reporta-se a 1900, por Romário Martins, citado por BRASIL (1934). Em 1909, o primeiro pesquisador mencionado, entusiasmado com a espécie, iniciou intensa propaganda para o seu plantio, devido, principalmente, ao rápido crescimento por ela apresentado e seu potencial energético. Sua ocorrência natural situa-se nos locais de climas mais frios do Brasil, sendo encontrada do sul do estado de Minas Gerais até os bordos da Serra Geral, no Rio Grande do Sul (PEDROSO e MATTOS, 1987).

CARPANEZZI et al. (1988) delimitam sua ocorrência em duas áreas: a) área norte – a partir de Guapiara (sul do Estado de São Paulo) a bracatinga é encontrada sempre em terras altas (acima de 900m de altitude), de modo descontínuo, seguindo rumo NE, portanto, nas regiões serranas dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; b) área sul – corresponde à ocorrência mais expressiva e contínua da espécie, compreendendo as terras altas (variações altitudinais de 500 m a 1.500 m), a partir do sul do Estado de São Paulo até o norte do Estado do Rio Grande do Sul. Esses mesmos autores citam que a área mais expressiva e contínua de ocorrência natural situa-se abaixo da latitude 23°40'S e compreende terras altas da Região Sul ao sul do Estado de São Paulo. O limite oeste é similar, nos Estados Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e situa-se em torno de 52°40'W.

Grandes áreas dos Estados do Paraná e de Santa Catarina estão sendo manejadas com bracatinga. Segundo KLEIN e HATSCHBACH (1962), o povoamento

de bracatinga forma verdadeiros povoamentos plantados, muito uniformes em grandes extensões, contribuindo, desta forma, para contrastar com a monotonia da paisagem proveniente dos capoeirões e terrenos de cultivo abandonados.

3.1.3 Sistema de Manejo da Bracatinga

Segundo CARPANEZZI et al. (1988) a produção de lenha foi à causa inicial do sistema tradicional de manejo, a qual continua até hoje sendo seu principal sustentáculo. O sistema tradicional é quase sempre praticado próximo a centros consumidores de lenha, concentrando-se em pontos dentro da área de distribuição natural da bracatinga.

Os colonos, normalmente pequenos proprietários, a manejam já por muitos anos de forma empírica por regeneração natural, corte raso aos sete anos, plantios de culturas anuais por um a dois anos e novamente regeneração natural, repetindo-se o ciclo (MACHADO et al., 1996).

O sistema de manejo da bracatinga é realizado de modo predominante em propriedades agrícolas. Caracterizado pela regeneração natural, via sementes e induzida pela queima de restos da exploração florestal anterior. No primeiro ano os bracatingais são consorciados com culturas de ciclo curto, principalmente milho e feijão. Após o cultivo agrícola inicial, como regra, não são realizados raleios. Na bracatinga assim, estabelece-se forte competição e há mortalidade acentuada até a idade de 4 a 5 anos, quando a densidade torna-se mais estável. O número de plantas por hectare na idade de corte (6 a 8 anos) fica relativamente constante (CARPANEZZI et al., 1988).

Na maioria das propriedades a bracatinga é diversificada com atividade de produção animal e, principalmente, a agricultura. Este sistema vem sendo desenvolvido desde o início do século XX.

Em propriedades onde ocorrem a implantação de novos talhões, os agricultores usam o método de semeadura direta, quebrando a dormência das sementes por imersão rápida em água fervente. A semeadura é feita com 3 a 10 sementes por

cova, onde os espaçamentos das bracatingas são adaptados à presença das culturas agrícolas. Os mais comuns são de 1,0 m x 1,0 m, de 1,20 m x 0,60 m e de 1,0 m x 0,80 m (CARPANEZZI et al., 1988).

TONON (1998), chamou a atenção da possibilidade de melhoria técnica por outros manejos para a condução dos povoamentos. Uma justificativa para o propósito desse estudo seriam usos alternativos da espécie, como, por exemplo, a madeira serrada, que implicaria em um manejo para a produção de árvores com melhores características.

TONON (1998), já sugeria que se intensificassem pesquisas de métodos de implantação de povoamentos, de estudos comparativos com o crescimento e produção de espécies alternativas e de sua viabilidade econômica, para que a bracatinga pudesse se tornar a base de um programa de florestas energéticas.

Os pequenos e médios produtores rurais da região metropolitana de Curitiba – Norte, dependem diretamente do sistema agrossilvicultural da bracatinga para sua sobrevivência e continuidade no campo. A medida em que avançam no tempo, as propriedades existentes vão se subdividindo, formando áreas retalhadas (divisão sucessória) e, para cada nova área, mais limitada fica a atuação do novo proprietário. Em contrapartida, com o alto consumo de lenha utilizado para energia, grandes empresas estão cada vez mais propensas em adquirir grandes áreas (latifúndios) onde possam manejar adequadamente a bracatinga (MAZUCHOWSKI, 1990).

3.1.4 Usos da Bracatinga

O mais importante uso atual da madeira é para energia como lenha e, secundariamente, como carvão. A madeira roliça é muito procurada também para escoras de construção civil. Peças finas, retiradas aos dois anos, são usadas como varas de suporte na horticultura, tendo pouca durabilidade, donde os produtores escolhem como preferência a taquara, quando disponível (CARPANEZZI et al. 1988). A bracatinga projeta-se atualmente no mercado de madeira da região sul do Brasil,

principalmente como matéria-prima na fabricação de chapas de aglomerados ou como fonte energética (BIANCHETTI, 1981).

Segundo CARDOSO (1979), a madeira de bracatinga pode ser utilizada ainda na fabricação de laminados, aglomerados, caixas, carretéis industriais, forros, assoalhos, lambris, na fabricação de celulose e suas flores desempenham papel importante na apicultura, produzindo um mel altamente nutritivo. Atualmente é a espécie florestal nativa de maior importância econômica da região metropolitana de Curitiba.

Em escala industrial, a bracatinga tem sido utilizada na fabricação de aglomerados. Segundo BARRICHELLO e FOEKEL (1975), as propriedades da celulose de bracatinga produzida pelo processo sulfato são de razoável resistência à tração e ao estouro e baixa resistência ao rasgo, com rendimentos em celulose similares aos obtidos com os eucaliptos.

Pela rápida cobertura do solo, assim como pelo teor de nutrientes contidos nas folhas, a bracatinga é recomendada para a implantação de florestas em solos alterados pela mineração do xisto (SIMÕES et al. 1978) e na estabilização de áreas marginais e reservatórios de hidrelétricas (REICHMANN NETO, 1979). A madeira serrada, disponível a varejo no mercado, “trabalha” demais – isto é, sofre deformações, fato que a deprecia e que deve ser atribuído, de modo predominante, a problemas na secagem (CARPANEZZI et al., 1988).

3.2 FORMA DO FUSTE DAS ÁRVORES

Segundo LARSON (1963), a forma do tronco das árvores pode ser considerada sobre a ótica dos conceitos dendrométricos e biológicos. Para ASSMANN (1970) e LARSON (1963), vários estudos foram propostos na tentativa de explicar a forma funcional das árvores. Neste contexto várias teorias foram desenvolvidas. Do ponto de vista biológico, hipóteses foram propostas para explicar a forma dos fustes, tais como:

- Teoria nutricional;
- Teoria da condução de água;
- Teoria mecânica;
- Teoria hormonal.

Tais hipóteses contribuíram de forma incontestável na tentativa de explicar os fatos relacionados com a forma dos fustes de árvores. No entanto, nenhuma delas trouxe uma solução definitiva para o problema, pois, essas hipóteses consideram somente uma das funções biológicas.

Segundo BORGES (1981), citado por FRIEDL (1989), do ponto de vista dendrométrico a forma do fuste de árvores genericamente é sua configuração externa que a rigor não se identifica com a forma de um sólido geométrico específico, mas sim com vários, segundo a porção do tronco considerada. De uma maneira mais restrita, a forma do fuste pode ser associada ao termo afilamento que representa a diminuição do diâmetro com o aumento da altura, tendência natural que ocorre na maioria das espécies e como tal pode ser expressa por uma função matemática que descreve a tendência dessa variação. Afilamento do tronco (taper) tem sido definida como o decréscimo em diâmetro da base para sua extremidade superior.

Segundo ASSMANN (1970) e LOETCH, ZÖHRER e HALLER (1973), os fustes, tanto de coníferas como de folhosas, apresentam formas diferentes ao longo de seus fustes, tais como:

a) A base do tronco é convexa ao eixo longitudinal, com um ponto de inflexão variável em função da espécie, o qual se assemelha a um sólido geométrico do tipo neilóide;

b) A partir desse ponto de inflexão até a base da copa compreendendo a seção mediana do fuste, o traçado apresenta-se côncavo ao referido eixo. Em coníferas essa porção do tronco poderia ser descrita por um parabolóide, enquanto que nas folhosas, uma parte dessa seção seria parabolóide e a parte terminal até a base da copa seria descrita por um tronco de cone;

c) A parte terminal das coníferas que vai da base da copa até o ápice, apresenta seção levemente côncava ao eixo da árvore, podendo ser representado por um parabolóide quadrático ou cone.

Segundo HUSH et al. (1972), os troncos das árvores como um todo podem assumir sólidos geométricos do tipo Neilóide, Parabolóide ou Cone. Ao considerar o fuste inteiro, dificilmente o mesmo assume totalmente tais sólidos. Conseqüentemente, é mais realístico supor que o tronco é composto por vários sólidos.

Os pontos de transição ou limites desses sólidos são de difícil determinação nos troncos, sendo, pois de pouca importância prática. No entanto desempenha um grande valor teórico na definição de expressões matemáticas que descrevem a forma do fuste (FIGUEIREDO FILHO, 1991).

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EVOLUÇÃO DOS MODELOS PARA DESCREVER OS FUSTES DAS ÁRVORES

Segundo FRIEDL (1989), os trabalhos científicos até então, sobre a forma do tronco de árvores, estavam relacionados aos seguintes tópicos:

- a) Com a formulação matemática/estatística da função de afilamento;
- b) Com as possíveis aplicações de curvas de afilamento, o qual é apontado como um assunto para futuras pesquisas;
- c) Com a explanação das formas dos troncos descritas pelas curvas de afilamento.

Este mesmo autor comentou que, alguns trabalhos examinaram as diferenças nas formas dos troncos, devido às diferenças de sítio, as relações entre o formato da curva de forma e a posição sociológica dos fustes e as suas copas no povoamento e as relações entre as curvas de forma e os tratamentos silviculturais (fertilização, desbastes e poda).

LARSON (1963), no intuito de descrever e discutir detalhadamente os aspectos relacionados à forma dos troncos, desde as teorias propostas como também os fatores que podem determinar alterações nos fustes das árvores quanto à forma,

elaborou uma extensa e minuciosa revisão bibliográfica a este respeito. Estes temas são na sua maior parte de grande importância para a silvicultura e o manejo. Entre os tópicos abordados a maioria deles estão estreitamente ligados ao comprimento da copa, dentre os quais destacam-se: herdabilidade, idade, capacidade produtiva do local (sítio), posição sociológica e tratamentos silviculturais.

3.4 FATORES QUE INFLUENCIAM A FORMA DO FUSTE DAS ÁRVORES

3.4.1 Sítio

FIGUEIREDO FILHO (1991), afirmou que a qualidade do sítio afeta a forma do tronco. Em sítios de baixa capacidade produtiva, as árvores normalmente têm maior conicidade ou formas indesejáveis. Nesses sítios, o crescimento em altura para árvores de mesmo diâmetro é menor e como consequência o fuste é mais afilado. Além disso, a distribuição do crescimento em diâmetro sobre o tronco varia consideravelmente com o sítio. Nos sítios produtivos, o crescimento é mais concentrado na parte da copa enquanto nos sítios pobres, o crescimento tende a ser uniformemente distribuído no tronco.

De acordo com GUTTENBERG (1915), SCHIMIED (1918, 1919) e TISCHENDORF (1925) citados por LARSON (1963), em sítios bons o crescimento dos troncos das árvores é concentrado na parte superior ao início da copa e inferior do tronco, considerando que em sítios pobres o crescimento do tronco tende a ser distribuído mais homogeneamente ao longo do fuste.

3.4.2 Idade

NOORDLINGER (1864) citado por AHRENS (1981), descreveu a evolução da forma das árvores com relação à idade da seguinte maneira:

“Primeiro uma árvore jovem é coberta de galhos desde o solo e cresce isoladamente; os anéis anuais vão decrescendo da base ao topo, assim a forma do fuste é cônica; quando os galhos inferiores dessecam-se espontaneamente, os anéis de crescimento são de maior largura na proximidade e por debaixo dos primeiros galhos vivos e vão diminuindo até a base, então, o fuste aproxima-se da parabolóide. Finalmente, quando a concorrência aumenta os anéis vão aumentando em largura da base para o topo, às vezes são o dobro, o triplo do que na base, assim, o fuste tende ao cilindro” (FRIELD, 1989).

A partir dessa descrição pode-se inferir a respeito de duas características sobre o comportamento da forma dos fustes em relação à idade:

- a) A forma dos fustes das árvores variam com a idade;
- b) A forma dos fustes das árvores melhoram com o avanço da idade.

É importante mencionar que durante o ciclo de vida de uma árvore freqüentemente ocorrem alterações em sua copa. Como consequência, no decorrer da idade, processam-se mudanças na forma dos troncos, que tendem a tornarem-se mais cilíndricas, conforme vários autores citados por LARSON (1963).

Segundo FIGUEIREDO FILHO (1991), a relação do fator de forma natural com a idade, mostra que a melhora da forma nas idades jovem é bastante rápida estabilizando-se com o passar do tempo. Normalmente, o que ocorre é que as árvores jovens têm uma copa comprida e uma forte conicidade.

Nas idades jovens a mudança da forma é bastante rápida, enquanto que nas idades avançadas a forma das árvores muda lentamente tendendo a estabilizar. A taxa de mudança de forma da árvore devido à idade pode variar entre as diferentes classes de copas ou posições sociológicas dentro do mesmo povoamento (FRIEDL, 1989).

MACHADO (1982) em um trabalho de pesquisa com povoamento de *Araucaria angustifolia*, afirmou que a forma dessas árvores torna-se cada vez mais cilíndrica com o aumento da idade. Com isso, tal afirmativa pode ser facilmente constatada pelo fato dos quocientes de forma da base de árvores permanecerem relativamente constantes com o aumento da idade, enquanto os quocientes de forma para as partes mais superiores das árvores continuam em franco crescimento com o

aumento da idade. O mesmo autor concluiu que a forma das árvores dominantes de *Araucaria angustifolia* em plantações torna-se cada vez mais homogênea à medida que aumenta a idade.

FRIEDL (1989) estudando a forma de fustes em povoamentos de *Araucaria angustifolia*, no Estado do Paraná, chegou à conclusão que a idade exerce um efeito altamente significativo sobre o comportamento da forma dessas árvores.

Segundo SCOLFORO e FIGUEIREDO FILHO (1998) a conicidade das árvores tende a ser menor nas idades mais adultas. Ainda com relação à forma da árvore esses autores afirmaram que muitas vezes árvores jovens, de crescimento livre, tem longas copas e conseqüentemente forte afilamento; e quando em competição sua copa tende a reduzir, o tronco livre tende a aumentar logo cedo, melhorando a forma do tronco principal.

3.4.3 Espaçamento

PRESSLER (1864), citado por FRIEDL (1989), resumiu as suas observações em hipóteses primárias de crescimento, as quais indicam que árvores que crescem isoladas e as que crescem em povoamentos densos diferem marcadamente nas formas de seus troncos. As árvores que crescem isoladas mantêm uma copa proporcionalmente mais comprida e o tronco assume então uma forte conicidade. Este fato pode também ser observado nas árvores que crescem em povoamentos, mas que tem ainda um crescimento livre, característico das árvores dominantes que normalmente apresentam uma copa mais vigorosa (FIGUEIREDO FILHO, 1991).

A principal mudança na forma do tronco em relação às árvores que crescem em povoamentos e árvores que crescem isoladas é o decréscimo da conicidade associado ao decréscimo do comprimento da copa. Árvores de crescimento livre são similares à árvores jovens que possuem copas compridas com uma forte conicidade. Quando o povoamento começa a fechar-se, iniciando-se a concorrência natural, os galhos inferiores morrem e com isso produz-se um tronco livre de galhos e conseqüentemente mais alto. O decréscimo do comprimento da copa e outros fatores

associados resultam em um decréscimo da conicidade do fuste principal. Em geral os autores que analisaram o efeito da densidade sobre a forma dos fustes de árvores, concluíram que quanto maior for a densidade e decréscimo do comprimento da copa, mais o fuste se aproxima do cilindro (FRIEDL, 1989). Segundo LARSON (1963) vários autores evidenciaram que povoamentos densos acarretam um decréscimo no comprimento da copa e conseqüentemente as árvores apresentam formas mais cilíndricas.

YARED et al. (1993) verificaram a necessidade do uso de equações de volume independentes por espaçamento e, para constatar esta necessidade, construíram um teste de identidade de modelos conforme GRAYBILL (1972). Estes autores concluíram que uma mesma equação não é recomendada para todos os espaçamentos.

3.4.4 Desbaste

A expressão “*deterioração da forma dos troncos*” tem sido utilizada por diversos autores para denotar um aumento no afilamento do fuste como resposta a uma alteração (desbaste, por exemplo) nas condições de crescimento (LARSON, 1963). É evidente que pesquisas que estudam o efeito do desbaste sobre a forma das árvores, resultará em crescimento da copa e conseqüentemente alteração da forma do tronco. Segundo FORWARD e NOLAN (1961), citado por LARSON (1963), algumas dessas mudanças são imediatas e algumas são desprezíveis e com pouca conseqüência econômica, mas essas são prontamente detectadas na análise de tronco e de grande significância para o entendimento do desenvolvimento do fuste.

Segundo LARSON (1963) muitos dos estudos de desbastes se preocupam com questões econômicas e raramente com princípios biológicos, desprezando as diferenças na forma do tronco que possam freqüentemente ser consideradas de menor conseqüência na computação do volume. Populações onde ocorrem desbastes mantêm o comprimento da copa e tendem a apresentar árvores mais afiladas do que aquelas que não sofrem desbastes, já que nas primeiras ocorre, proporcionalmente, um crescimento maior da área seccional na base da copa que ao nível do DAP (SCOLFORO e FIGUEREDO FILHO, 1998).

3.4.5 Herdabilidade

Segundo SCOLFORO e FIGUEREDO FILHO (1998) e LARSON (1963) a forma da árvore é altamente influenciada pelo ambiente, mas também aspectos como a progênie tem alta correlação com esta. Estes autores afirmam que muito embora as características genéticas de uma árvore determinem sua maneira de crescer, o ambiente a modifica no decorrer do tempo. Por exemplo, OKSBJERG (1959) citado por LARSON (1963), concluiu que o ambiente pode ser mais importante do que a herdabilidade devido a uma comparação de árvores pioneiras (primeiras invasoras) com árvores de mesma origem de sementes, mas estabelecidas em grupo. Constatou nas árvores pioneiras uma pior forma do fuste do que nas estabelecidas em grupo. O fato de que a forma do tronco está atribuída a copa da árvore tem causado opiniões diferentes entre alguns autores a respeito do papel relativo do ambiente e da herdabilidade.

3.4.6 Poda

A poda causa efeito oposto ao do desbaste na forma da árvore. Além disso, o deterioramento da forma com o desbaste pode ser compensado com a poda (LARSON, 1963). Quando a poda é combinada com o desbaste, ou simplesmente realiza-se a poda, ocorre um aumento do espaço e conseqüentemente fica evidente uma mudança na forma do tronco (LARSON, 1963). A intensidade da poda também pode ser relacionada com a forma das árvores.

PRESSLER (1864) e NÖRDLINGER (1864), citado por LARSON (1963), afirmaram que a poda quando realizada moderadamente, na maioria das espécies iria resultar em um decréscimo no crescimento na base do tronco e um aumento de crescimento na base da copa. O efeito de uma poda drástica poderia resultar em um declínio no crescimento de diâmetro ao longo do tronco da árvore, incluindo uma redução no crescimento em altura.

Com a diminuição da copa das árvores, estas passam a ter melhor forma, uma vez que ocorre um aumento de incremento na base da copa da árvore. Neste caso o crescimento é proporcionalmente maior na parte superior do tronco, diminuindo a conicidade (SCOLFORO e FIGUEREDO FILHO, 1998).

3.4.7 Posição Sociológica

Árvores com maior copa tendem a apresentar maior conicidade que as árvores dominadas (de menor copa). Em geral árvores dominantes têm pior forma e com decréscimo da classe de copa há uma melhoria na forma das árvores. Este fato é explicado pelo menor crescimento relativo (nas árvores dominantes) da altura em relação ao diâmetro (SCOLFORO e FIGUEREDO FILHO, 1998).

Segundo JONSON (1927) citado por LARSON (1963), árvores dominantes tem um maior afilamento do tronco devido ao comprimento da copa ser maior. Com a diminuição da copa haverá um decréscimo do afilamento. Em árvores com mesmo diâmetro (DAP) e alturas, aquelas com copas mais longas apresentam fustes mais afilados, mostrando que a copa é o fator de relevância no estudo de forma das árvores (LARSON, 1963).

Árvores supressas são consideradas um caso especial, onde não apresentam um padrão no crescimento, mas tendem a apresentar um tronco mais cilíndrico. De acordo com METZGER (1893), citado por LARSON (1963), isto se deve a uma redução do incremento para baixo extremamente forte e conseqüentemente uma concentração do crescimento na parte superior do tronco.

3.5 FUNÇÕES DE AFILAMENTO

Nos levantamentos florestais, métodos empíricos têm sido utilizados para representar a forma, tais como fatores de forma, quocientes de forma, funções de afilamento, funções spline e até mesmo análise de componentes principais. Conforme

SPURR (1952) citado por SCOLFORO (1993), no século XIX, o volume de árvores individuais era obtido pelo fator de forma e eventualmente dos quocientes de forma. No entanto, muitos dos profissionais que trabalham em mensuração florestal, têm procurado descobrir uma função com uma ou duas variáveis, envolvendo poucos parâmetros, que possa ser usada para representar o perfil inteiro da árvore.

De acordo com AHRENS e HOLBERT (1981), uma função de afilamento é uma descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco. Assumindo-se que a seção transversal seja circular em qualquer ponto ao longo do tronco, seu volume pode ser obtido por integração daquela função. Assim em termos geométricos, o tronco é tratado como um sólido de revolução. Uma vez definido um modelo matemático para o afilamento, pode-se determinar o volume de madeira entre quaisquer pontos ao longo do tronco. Desta maneira a natureza do algoritmo viabiliza a obtenção das estimativas de volume necessárias à multiplicidade de usos da madeira.

De acordo com PRODAN (1965) a primeira tentativa para expressar o afilamento do fuste de árvores foi feita por HOJER em 1903. Desde então muitas formas e tipos de modelos matemáticos têm sido testados e desenvolvidos. No início eram modelos relativamente simples, mas com o advento dos computadores na pesquisa florestal, notadamente na década de 70, modelos mais complexos foram implementados na busca de melhores resultados. HOJER (1903), citado por PRODAN (1965), usou a seguinte expressão matemática pra expressar o afilamento:

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 \log \left[\frac{(\beta_1 + X_i)}{\beta_2} \right]$$

Sendo:

β_i = coeficientes a serem estimados;

d_i = diâmetro da árvore na altura h_i ;

$d_{1,3}$ = diâmetro a 1,3m do solo;

$$X_i = \left[\frac{(h - h_i)}{(h - 1,3)} \right];$$

h = altura total da árvore.

A partir de então uma série de autores como JOHNSON em 1911, dentre

outros, estudaram de maneira pormenorizada a possibilidade do perfil do fuste de árvores ser representado por expressões matemáticas. JOHNSON (1911) com o objetivo de evitar a diminuição muito acentuada dos diâmetros no topo das árvores acrescentou uma constante biológica ao modelo de HOJER, alcançando melhores resultados.

A partir da década de 60, houve um substancial desenvolvimento no estudo da forma da árvore. Apresentam-se, a seguir, algumas das expressões matemáticas desenvolvidas a partir de então, como:

a) Modelo de Prodan, em 1965:

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \frac{h_i^2}{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2}$$

Sendo:

d_i = diâmetro à altura h_i do tronco;

h = altura total;

h_i = altura até uma seção “i” n fuste, em m;

$d_{1,3}$ = diâmetro à altura do peito;

β_i = parâmetros a serem estimados.

b) Schöpfer em 1966:

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{h}\right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{h}\right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{h}\right)^5 + e_i$$

Sendo:

d_i , h_i , h , $d_{1,3}$, e β_i , conforme definidos anteriormente.

c) Modelo de Kozak, Munro e Smith, em 1969:

$$\frac{d_i^2}{d_{1,3}^2} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2$$

Sendo:

d_i , h_i , h , $d_{1,3}$, e β_i , conforme definidos anteriormente.

d) Modelo de Potências Fracionárias (HRADETZKY, 1976):

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{h} \right)^{pn} + e_i$$

Sendo:

d_i , h_i , h , $d_{1,3}$, e β_i , conforme definidos anteriormente.

e) Modelo de Clutter em 1980:

A árvore com casca têm o afilamento definido pela equação:

$$dc = \left\{ K \left(\frac{1}{\beta_1 d_{1,3} \beta_2 h \beta_3} \right) \left(\frac{1}{\beta_1'} \right) d_{1,3}^{-\beta_3'} \left[\frac{(\beta_2' - 2)}{\beta_2'} \right] (h - hc) \right\}^{\left[\frac{1}{(\beta_2' - 2)} \right]}$$

E a altura:

$$hc = H - dc^{\beta_2' - 2} K^{-1} \beta_1 d_{1,3}^{\beta_2} H^{\beta_3} \beta_1' d_{1,3}^{\beta_3'} \left(\frac{\beta_2'}{(\beta_2' - 2)} \right)$$

Sendo:

β_i , β_i' , $d_{1,3}$, dc : já definidos anteriormente;

H = altura total;

hc = altura comercial;

$K = \pi/40000$.

Além destes, outros modelos importantes foram definidos por DEMAERSCHALK (1972), MAX e BURKHART (1976), dentre muitos outros.

MOURA (1994), estudando a forma de espécies tropicais da Amazônia, testou 20 modelos de equações de afilamento. Para cada modelo foram estimados o coeficiente de determinação (R^2), o erro padrão da estimativa (Syx), erro padrão da estimativa em porcentagem (Syx %), teste “F” de significância e a análise gráfica dos resíduos, onde selecionou a seguinte de função de afilamento:

$$d_i = \beta_0 d_{1,3}^{\beta_1} \left(\frac{1}{h_i + 1,3} \right)^{\beta_2} h^{\beta_3}$$

Sendo:

d_i = diâmetro à altura i qualquer em cm;

$d_{1,3}$ = diâmetro à altura do peito em cm (DAP);

h_i = altura i em metros de um referido diâmetro;

h = altura total da árvore.

β_i = parâmetros a serem estimados;

SCHNEIDER et al. (1996), testaram seis equações de afilamento de tronco para a determinação dos sortimentos para um conjunto de árvores de *Eucalyptus grandis*:

$$1. \frac{d_i^2}{d_{1,3}^2} = \beta_0 + \frac{\beta_1}{(h-1,3)} + \beta_2 \left[\frac{h_i^2}{(h-1,3)^2} \right]$$

$$2. \frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \frac{h_i}{(h-1,3)}$$

$$3. \frac{d_i}{d_{1,3}} = \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{h} \right)^3 \right]$$

$$4. \frac{d_i}{d_{1,3}} = \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{h} \right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{h} \right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{h} \right)^5 \right]$$

$$5. \ln\left(\frac{d_i}{d_{1,3}}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left[\frac{(h-h_i)}{h}\right]$$

$$6. \ln\left(\frac{d_i}{d_{1,3}}\right) = \beta_0 + \beta_1 \ln\left[\frac{(h-h_i)}{h}\right] + \beta_2 \ln\left[\frac{(h-h_i)}{h}\right]^2$$

Sendo:

d_i = diâmetro a uma posição “i” no fuste, em cm;

$d_{1,3}$ = diâmetro à altura do peito em cm;

h_i = altura até uma seção “i” n fuste, em m;

h = altura total em m,

β_i = parâmetros a serem estimados.

A equação que apresentou maior coeficiente de determinação (0,9857) e o menor erro padrão da estimativa ($S_{yx} = 0,0320$ ou $S_{yx} \% = 5,14$) foi a equação expressa pelo polinômio de 5º grau (equação 4), sendo este também o modelo que permitiu estimar o volume dos sortimentos com um menor erro residual, determinado pela diferença absoluta entre o volume real e o volume estimado pela função. Concluíram ainda que os volumes e sortimentos relativos das classes de sortimentos podem ser utilizados com segurança em inventários florestais da espécie, tanto para estimar volume, como para os sortimentos de madeira, pois os resíduos do volume real com o estimado pela equação polinomial do 5º grau foram pequenos. O procedimento adotado para a determinação dos sortimentos das classes previamente definidas, permitiu obter estimativas do número de toras e seus volumes relativos com boa precisão.

HRADETZKY (1976) utilizou com sucesso polinômios com potência fracionária. Este modelo quando comparado a outros polinomios tem a característica de testar várias potências, onde consegue representar melhor principalmente as partes inferiores das árvores, região de maior irregularidade. O procedimento de seleção das potências fracionárias pode ser feito pelo método *Stepwise*, *Backward* ou *Forward*, que consiste em eliminar as potências que não atingem o grau de significância determinado para o teste.

Embora em termos de precisão as funções de afilamento e as equações de volume sejam equivalentes, a primeira é muito mais interessante, na medida em que se consegue estimar volume de qualquer porção da árvore. A maior restrição ao uso das funções de afilamento é a falta de programas que possibilitem sua implementação de forma fácil e acessível aos usuários (SCOLFORO, 1993). Hoje em dia com a evolução computacional, não tem mais estas restrições.

FIGUEIREDO FILHO et al. (1993) verificaram que os sistemas volume-forma (derivação das equações de volume transformando-as em equações de afilamento) eliminam a incompatibilidade das estimativas dos volumes por unidade de área obtida em inventário florestal em que freqüentemente empregam-se duas técnicas de determinação volumétricas, a saber: equação de volume e função de afilamento. Os sistemas que este mesmos autores desenvolveram mostraram-se eficientes para as estimativas propostas. As equações de volume testadas são a de Spurr e de Schumacher (logarítmica), amplamente usadas nos levantamentos florestais, podendo-se delas se obter uma função de sortimento desde que um certo número de árvores amostra esteja disponível.

As técnicas de modelagem empregadas para a descrição do perfil de troncos vêm sendo utilizadas correntemente em países de maior tradição florestal (KOZAK et al., 1969; DEMAERSCHLICK, 1972 e BIGING, 1984). No Brasil, os estudos já desenvolvidos nesse campo referem-se a espécies introduzidas, entre os quais podem ser mencionados: o trabalho de CAMPOS e RIBEIRO (1982), onde foram avaliados dois modelos de afilamento para árvores de *Pinus patula*: o de CAMPOS, LEITE e SOUZA (1990), que tratou classificação de árvores de eucalipto para postes: e o de GUIMARÃES e LEITE (1992), quando foi proposto e ajustado um novo modelo de afilamento, utilizando-se dados de eucalipto.

Segundo FERREIRA (2004) atualmente surgiram novas tendências para descrever o perfil e o volume dos fustes das árvores, denominada de método geométrico ou método da altura relativa, desenvolvida por ANDRADE e LEITE (1997). Segundo os autores a base teórica do método geométrico segue o postulado: “Existe um determinado ponto entre o DAP (diâmetro à altura do peito, tomado a 1,30

m do solo) e a altura total de uma árvore, em que esta, ao ser dividida em dois intervalos, possibilita a minimização dos erros da estimativa do afilamento”. Este fato ocorre em relação ao DAP, pois se considera que o perfil de uma árvore seja resultado da intercessão de várias retas com coeficientes angulares, em intervalos aproximadamente iguais. “Assim para o desenvolvimento do método geométrico foram utilizados os diâmetros medidos a 0,1 m (toco); 1,3 m (DAP); altura total (ht) e em um ponto entre o DAP e a altura total, denominada de altura relativa (hr). Este ponto, conforme ANDRADE (2001) foi obtido pela expressão: $hr = \frac{(ht - 2)}{2}$. Obtida estas informações, o método consiste em, primeiramente, calcular os coeficientes angulares das retas delimitadas por tais pontos de medição e deduzir expressões que permitam a estimativa dos diâmetros a qualquer ponto da árvore. Modificações impostas ao método geométrico podem ser observadas em ANDRADE (2001).

3.6 POLINÔMIOS NÃO-SEGMENTADOS

Os usos de modelos polinomiais freqüentemente utilizados no meio florestal caracterizam-se por um ajuste de regressão que relaciona vários diâmetros tomados ao longo do tronco e respectivas alturas, com o DAP e altura total das árvores. Estes modelos caracterizam-se pela simplicidade dos ajustes, mas em geral não explicam com propriedade as deformações que existem na base das árvores. Dentre eles, destaca-se o Polinômio do Quinto Grau, modelo do Segundo Grau de Kozak, Munro e Smith (1969), modelo de Goulding e Murray (1976) e o modelo de Hradetzky (1976).

ASSIS (2000) avaliou o desempenho de modelos polinomiais não segmentados de: Schöepfer (1966); Hradetzky (1976); Kozak, Munro e Smith (1969) e o de Goulding e Murray (1976) com e sem o controle de classes de diâmetros, para estimar diâmetros e volumes ao longo do fuste de *Pinus taeda*. Observou que para o conjunto total de dados os modelos que apresentaram as estatísticas mais acuradas foram os modelos de Hradetzky (1976) e Goulding e Murray (1976) respectivamente.

Observou ainda que os modelos com e sem o controle de classe diamétricas apresentam comportamentos diferenciados, sugerindo o ajuste por classe de diâmetros.

FIGUEIREDO FILHO e SCHAAF (1999) compararam o volume obtido por cinco funções de afilamento (duas polinomiais não segmentadas e três polinomiais segmentadas) com volumes obtidos pela técnica de deslocamento de água (xilômetro) para *Pinus elliottii*. Os modelos testados foram o de Kozak et al.(1969), o Polinômio de Quinto Grau, o de Max e Burkhardt (1976), o de Parresol et al. (1987) e o de Clark et al. (1991). Para a estimativa dos diâmetros ao longo do fuste, volumes comerciais e totais, o modelo que apresentou melhor acuracidade foi o de Clark et al. (1991). Os autores também concluíram que os volumes estimados através da integração das funções de afilamento e os volumes estimados pela fórmula de Smalian e Huber levam a uma subestimativa do erro quando comparados com os volumes verdadeiros obtidos pela técnica do deslocamento da água (xilômetro).

FERREIRA (1999), ao estudar a forma dos fustes de *Eucalyptus cloeziana*, comparou a acuracidade de oito modelos polinomiais segmentados e não-segmentados para estimar o diâmetro ao longo dos fustes. Em seus trabalhos, o modelo mais acurado foi o de Clark, Souter e Schlaegel (1991), seguido pelo modelo segmentado de Max e Burkhardt (1976) e do Polinômio de Potências Inteiras e Fracionárias proposto primeiramente por Hradetzky (1976).

ROSOT (1989) utilizou-se o processo “stepwise” para construir modelos por classe de diâmetro. Concluiu que os modelos de potências construídos pelo processo “stepwise” foram sempre mais precisos que o polinômio de quinto grau. Esse mesmo autor observou ainda uma grande variação dos modelos nas diferentes classes diamétricas, o que levou a sugerir o ajuste por classe de diâmetro.

HRADEZKY (1976) citado por FISCHER (1997), afirma que a equação de uso mais corrente para descrever os perfis de árvores é a função polinomial. O polinômio de quinto grau possui uma boa acuracidade em geral para descrever a forma dos fustes, excetuando-se a forma das porções inferiores de certas espécies, conforme constatado por SCHOEPFER e PRODAN (1971) citados por ROSOT (1989). Essa deficiência foi atribuída ao fato de haver mais irregularidades e sinuosidades nesta

parte do tronco do que nas porções superiores. Na tentativa de eliminá-las foi sugerido a utilização de potências fracionárias em conjunto com potências inteiras, gerando equações cujos estimadores de ajuste e precisão foram bastante superiores aos obtidos por modelos que empregam apenas expoentes inteiros.

FISCHER (1997) estudou a eficiência dos modelos polinomiais e das razões de volume na estimativa volumétrica dos sortimentos e do perfil dos fustes de *Pinus taeda* e recomendou a utilização do modelo polinomial de potências fracionárias, com ajuste por sítio e por classe diamétrica para descrever o perfil do tronco.

RIOS (1997) comparando a eficiência dos modelos polinomiais, de razões de volume e da função spline cúbica para a estimar volumes comerciais com casca por classe diamétrica, até três diâmetros mínimos pré-estabelecidos para *Pinus elliottii*. Conclui que os modelos polinomiais proporcionaram estimativas mais acuradas na descrição dos perfis das árvores, destacando-se o polinômio de quinto grau, seguidos das razões de volume e spline cúbica respectivamente, sugerindo que as equações de afilamento sejam ajustadas por classe diamétricas para uma estimativa mais acurada.

FERREIRA (2004) avaliou a acurácia dos modelos polinomiais não-segmentados pelas mesmas estatísticas utilizadas por FIGUEIREDO FILHO, BORDERS e HITCH (1996), ASSIS (2000), entre outros autores. Os modelos testados foram: Polinômio de Quinto Grau, Polinômio de Hradeztky (1976) e o polinômio de Goulding & Murray (1976) em árvores de *Pinus taeda* em diferentes ambientes de produção. Constatou que o modelo de Hradeztky (1976) foi o melhor na estimativa dos diâmetros em todos ambientes de produção, e para a estimativa dos volumes o melhor modelo na maioria dos ambientes foi o modelo de Quinto Grau.

3.7 SORTIMENTO FLORESTAL

O sortimento é o seccionamento da árvore pelas dimensões diâmetro e comprimento. Quanto maior o diâmetro e os comprimentos, maiores as dimensões das peças resultantes, conseqüentemente, maior preço. Geralmente o sortimento conduz a

maior quantidade de resíduos (menor valor), portanto o objetivo é um equilíbrio resultando assim maior retorno financeiro (CONCEIÇÃO, 2004).

No caso do sortimento florestal, o objetivo é a árvore, e os itens são as toras que a compõem. As árvores são definidas pelo seu comprimento útil e alguma função que descreva a redução diamétrica da base ao topo (funções de afilamento), enquanto que as toras são definidas pelo seu comprimento, diâmetro mínimo na ponta fina e, eventualmente, diâmetro máximo na ponta grossa (ARCE, 2000). Este mesmo autor descreveu que o sortimento é um termo utilizado para resumir a avaliação comercial quali-quantitativa da floresta em pé a partir de uma lista de diferentes multiprodutos, sendo um dos indicadores diagnóstico de tomada de decisões referentes ao manejo florestal.

O sortimento florestal é uma importante ferramenta para o planejamento florestal, pelas estimativas de multiprodutos, e assim possibilitando um maior retorno financeiro no seu empreendimento. ASSIS (2000) ressaltou que estas possibilidades oferecidas pelo sortimento permitem um planejamento de produção e logística de transporte e comercialização em função do número de toras destinadas a cada produto. Opções desta natureza não implicam em nenhum custo adicional para o inventário florestal.

Tabelas de sortimento são elaboradas a partir de equações que descrevem a forma média do tronco de uma espécie de árvore, onde as funções de afilamento têm as características de reproduzir os valores diamétricos situados a alturas sucessivas. SILVA (1982) afirmou que as tabelas de sortimento independem do tipo e da forma das árvores e desde muito têm constituído um alvo na ciência florestal. A prova disto são intensas pesquisas com o objetivo de alcançar a otimização da classificação e valorização dos produtos florestais, quanto a sua qualidade, dimensões e possibilidades de utilização.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dados de povoamentos de bracinga provenientes da região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná, onde se incluem 14 municípios e abrangendo uma área de 876.300 ha (Figura 1). Esses dados foram na maioria coletados na porção norte da região onde há uma maior ocorrência da espécie, incluindo os municípios de Almirante Tamandaré, Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Campo Magro, Colombo, Itaperuçu, Rio Branco e Tunas. Esses municípios situam-se entre as latitudes 25°11' e 25°49' S e entre as longitudes 49°05' e 49°43' W.

Segundo o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Cfb*, que corresponde ao clima temperado propriamente dito, mesotérmico úmido sem estação seca definida, com quatro estações bem definidas, com verões quentes e chuvosos e invernos frios com períodos secos eventuais. A temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente fica abaixo de 22°C. A temperatura média anual se apresenta em torno de 17°C, com mínimas de 12°C e máximas de 23°C. A precipitação média anual situa-se entre 1.300 e 2.500 mm, com leve diminuição no inverno, não ocorrendo déficits hídricos (MAACK, 1981; IAPAR, 1994).



FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR.

4.2 VOLUMETRIA

Foram cubadas 174 árvores de *Mimosa scabrella* Bentham com idades variando de 6 a 19 anos.

A cubagem de 121 árvores foi feita pelo método relativo, tomando-se as medidas relativas dos diâmetros a 0%, 5%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85%, 95% e 100% da altura total do fuste, não considerando a altura do toco. Para definir a altura de cada fuste foi considerada a inversão morfológica do tronco mais característico, não sendo estabelecido um diâmetro mínimo.

O cálculo dos volumes das seções foi feito utilizando-se a fórmula de Hohenadl:

$$v = \frac{hf}{10} \left[g_{0,05} + g_{0,15} + g_{0,25} + g_{0,35} + g_{0,45} + g_{0,55} + g_{0,65} + g_{0,75} + g_{0,85} + g_{0,95} \right]$$

Sendo:

v = volume de árvore considerada (m^3);

hf = altura do fuste (m);

$g_{0,i}$ = área seccional com diâmetros tomados a 5%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85%, 95% da altura do fuste da árvore (m^2).

Os volumes das outras 53 árvores foram obtidas pela técnica de deslocamento de água (xilômetro), construído por MACHADO e NADOLNY (1991). O xilômetro determina o volume verdadeiro de corpos de qualquer forma, valendo-se do princípio de deslocamento de um líquido (água),

As 121 árvores cubadas pelo método de Hohenadl foram distribuídas em 5 classes diamétricas e 4 classes de idade com o mínimo de 19 árvores em cada classe diamétrica e 16 árvores em cada classe de idade, conforme mostrado nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

Os ajustes dos modelos foram feitos considerando os diâmetros a 1,3 m do solo (DAP) com casca, relacionados aos diâmetros comerciais com casca e as alturas relativas: 0%, 5%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55%, 65%, 75%, 85%, 95% e 100% da altura do fuste da árvore

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE DIÂMETRO.

NÚMERO DA CLASSE	CLASSE DIAMÉTRICA (cm)	FREQÜÊNCIA
1	5,0 - 9,9	19
2	10,0 - 14,9	32
3	15,0 - 19,9	30
4	20,0 - 24,9	20
5	≥ 25,0	20
TOTAL	-	121

TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADE.

NÚMERO DA CLASSE	CLASSE IDADE (anos)	FREQÜÊNCIA
1	6 - 9	24
2	10 - 12	55
3	13 - 15	26
4	16 - 19	16
TOTAL	-	121

4.3 FUNÇÕES DE AFILAMENTO

O ajuste dos modelos não-segmentados foi feito para cada classe diamétrica e de idade e também para o conjunto total dos dados (não agrupados).

Os modelos não-segmentados testados são descritos a seguir:

a) Polinômio de Quinto Grau – Modelo 1

O polinômio de quinto grau, proposto primeiramente por Schöpfer (1966).

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{hf} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^5 + e_i$$

Sendo:

β_i = parâmetros a serem estimados;

d_i = diâmetro tomado as diferentes alturas h_i ao longo do fuste;

$d_{1,3}$ = diâmetro a 1,3 m de altura (DAP);

hf = altura do fuste (m);

h_i = altura até uma seção i do fuste (m);

e_i = erro de estimativa.

Isolando d_i obtém-se a função de afilamento pela qual pode se estimar o diâmetro correspondente a qualquer altura na árvore, desde que fornecido o seu diâmetro a 1,3m ($d_{1,3}$) e a altura total.

$$d_i = d_{1,3} \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{hf} \right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^3 + \beta_4 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^4 + \beta_5 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^5 \right] \quad (1)$$

Para integrar a função e obter a expressão que permite a estimativa dos volumes, fez-se a seguinte simplificação:

$$c_0 = \beta_0; \quad c_1 = \beta_1 / hf; \quad c_2 = \beta_2 / hf^2; \quad \dots \dots c_5 = \beta_5 / hf^5$$

Feita a simplificação, a expressão a ser integrada assume a forma (2):

$$d_i = d_{1,3} * [c_0 + c_1 * hf + c_1 * hf^2 + c_2 * hf^3 + c_4 * hf^4 + c_5 * hf^5] \quad (2)$$

O volume (v) de um sólido de revolução é obtido pela integração de suas áreas seccionais (g) entre o limite inferior (h_1) e o superior (h_2) que se deseja estabelecer. No caso de uma árvore, se o volume total é desejado, então $h_1 = 0$ e $h_2 =$ altura total da árvore. A representação da integral é mostrada a seguir:

$$v = \int_{h_1}^{h_2} g_i \delta hf \quad \rightarrow \quad v = \int_{h_1}^{h_2} \frac{\pi * d_i^2}{40000} \delta hf$$

$$v = K \int_{h_1}^{h_2} d_i^2 \delta hf \quad (3)$$

Sendo:

$$K = \pi / 40000$$

d_i = diâmetro correspondente a qualquer altura h_i ao longo do fuste da árvore.

Então, substituindo (2) em (3), tem-se:

$$v = K * d_{1,3}^2 * \int_{h_1}^{h_2} (c_0 + c_1 h + c_2 h_i^2 + c_3 h_i^3 + c_4 h_i^4 + c_5 h_i^5)^2 \delta h_i \quad (4)$$

Integrando (4), obtém-se a expressão que propicia obter os sortimentos ou volumes comerciais correspondentes a qualquer porção da árvore, além do volume total, se este for desejado (5).

$$\begin{aligned} v = K * d_{1,3}^2 * [& c_0^2 h_i + c_0 c_1 h_i^2 + \left(\frac{2}{3} c_0 c_2 + \frac{1}{3} c_1^2 \right) h_i^3 + \left(\frac{1}{2} c_0 c_3 + \frac{1}{2} c_1 c_2 \right) h_i^4 +] \\ & + \left(\frac{2}{5} c_0 c_4 + \frac{2}{5} c_1 c_3 + \frac{1}{5} c_2^2 \right) h_i^5 + \left(\frac{1}{3} c_0 c_5 + \frac{1}{3} c_1 c_4 + \frac{1}{3} c_2 c_3 \right) h_i^6 + \\ & + \left(\frac{2}{7} c_1 c_5 + \frac{2}{7} c_2 c_4 + \frac{1}{7} c_3^2 \right) h_i^7 + \left(\frac{1}{4} c_2 c_5 + \frac{1}{4} c_3 c_4 \right) h_i^8 + \\ & + \left(\frac{2}{9} c_3 c_5 + \frac{1}{9} c_4^2 \right) h_i^9 + \frac{1}{5} c_4 c_5 h_i^{10} + \frac{1}{11} c_5^2 h_i^{11}]_{h_1}^{h_2} \quad (5) \end{aligned}$$

b) Polinômio de Potências Fracionárias (Hradetzky, 1976) – Modelo 2

Este modelo diferencia-se do polinômio de Quinto Grau por apresentar um conjunto de potências fracionárias como tentativa de melhor representar o afilamento da árvore, principalmente nos dois extremos.

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^{p1} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^{p2} + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{hf} \right)^{pn} + e_i$$

Sendo:

$d_i, d_{1,3}, h_i, h, \beta_i$ e e_i = já definidos anteriormente;

p_i = expoentes variando entre 0,00005 e 95.

Isolando d_i obtém-se a função de afilamento:

$$d_i = d_{1,3} \left[\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^{p1} + \beta_2 \left(\frac{h_i}{hf} \right)^{p2} + \dots + \beta_n \left(\frac{h_i}{hf} \right)^{pn} \right] \quad (6)$$

Ao simplificar a expressão por: $c_0 = \beta_0$ e $c_i = \left(\frac{\beta_i}{h^{p_j}}\right)$, em que $i = 1, 2, \dots, N$; e $p_j =$ expoentes selecionados pelo processo de seleção de variáveis pelo método “backward”, a expressão (6) assume a forma:

$$d_i = d_{1,3} \left(c_0 + c_1 h_1^{p_1} + c_2 h_2^{p_2} + \dots + c_n h_n^{p_n} \right) + e_i \quad (7)$$

O volume total ou de qualquer porção da árvore (sortimento) é obtido pela resolução da integral do polinômio (7), após sua substituição na expressão (5). O resultado desta é:

$$\begin{aligned} v = K^* d_{1,3}^2 & \left[c_0^2 h_i + 2c_0 c_1 \left(\frac{h_i^{(p_1+1)}}{p_1+1} \right) + 2c_0 c_2 \left(\frac{h_i^{(p_2+1)}}{p_2+1} \right) + \dots + 2c_0 c_{(n-1)} \left(\frac{h_i^{(p_{(n-1)}+1)}}{p_{(n-1)}+1} \right) + \right. \\ & + 2c_0 c_n \left(\frac{h_i^{(p_n+1)}}{p_n+1} \right) + c_1^2 \left(\frac{h_i^{(2p_1+1)}}{2p_1+1} \right) + 2c_1 c_2 \left(\frac{h_i^{(p_1+p_2+1)}}{p_1+p_2+1} \right) + \dots + \\ & + c_1 c_{(n-1)} \left(\frac{h_i^{(p_1+p_{(n-1)}+1)}}{p_1+p_{(n-1)}+1} \right) + 2c_1 c_n \left(\frac{h_i^{(p_1+p_n+1)}}{p_1+p_n+1} \right) + c_2^2 \left(\frac{h_i^{(2p_2+1)}}{2p_2+1} \right) + \dots + \\ & + 2c_2 c_{(n-1)} \left(\frac{h_i^{(p_2+p_{(n-1)}+1)}}{p_2+p_{(n-1)}+1} \right) + 2c_2 c_n \left(\frac{h_i^{(p_2+p_n+1)}}{p_2+p_n+1} \right) + \dots + c_{(n-1)}^2 \left(\frac{h_i^{(2p_{(n-1)}+1)}}{2p_{(n-1)}+1} \right) + \\ & \left. + \dots + 2c_{(n-1)} c_n \left(\frac{h_i^{(p_{(n-1)}+p_n+1)}}{p_{(n-1)}+p_n+1} \right) + c_n^2 \left(\frac{h_i^{(2p_n+1)}}{2p_n+1} \right) \right]_{h_1}^{h_2} \quad (8) \end{aligned}$$

c) Polinômio de Segundo Grau (Kozak et. al., 1969) – Modelo 3

A fórmula geral do polinômio de Segundo Grau é:

$$\frac{d_i}{d_{1,3}} = \sqrt{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2} + e_i$$

Sendo:

d_i , $d_{1,3}$, h_i , h , β_i e e_i = já definidos anteriormente;

Isolando d_i , obtém-se a função de afilamento:

$$d_i = d_{1,3} \sqrt{\beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h_i}{h}\right) + \beta_2 \left(\frac{h_i}{h}\right)^2} + e_i \quad (9)$$

O volume total ou de qualquer sortimento da árvore pode ser obtido pela substituição de (9) em (3). Após a resolução da integral, obtém-se como resultado:

$$v = \frac{\pi}{40000} * d_{1,3}^2 * \left[\left(\beta_0 * (h_2 - h_1) \right) + \left(\beta_1 \left(\frac{h_2^2 - h_1^2}{2 * h} \right) \right) + \left(\beta_2 * \left(\frac{h_2^3 - h_1^3}{3 * h^2} \right) \right) \right] \quad (10)$$

4.4 ACURACIDADE DOS MODELOS DE AFILAMENTO

Para testar a acuracidade dos três modelos não-segmentados foram utilizadas as estatísticas: Análise Gráfica dos Resíduos, Coeficiente de Determinação Corrigido (R^2), Erro Padrão da Estimativa (Syx%) e Análise Gráfica dos Perfis Médios. Essas foram utilizadas apenas para verificar se os modelos possuem ajustes satisfatórios de maneira geral. Complementando o teste de acuracidade dos modelos foram utilizadas estatísticas utilizados por FIGUEIREDO FILHO, BORDERS e HITCH (1996), FERREIRA (1999), ASSIS (2000) e FERREIRA (2004). Tais estatísticas permitem uma análise mais detalhada do desempenho das estimativas ao longo de todo o fuste, uma vez que será calculada para cada altura relativa onde foram tomados os diâmetros por ocasião da cubagem rigorosa. Foram avaliadas as variáveis diâmetros estimados em cada posição de medição (alturas relativas) e os volumes parciais correspondentes

ao volume calculado a partir do método de Hohenadl, além do volume total. A Tabela 4 apresenta as estatísticas que foram utilizadas no teste da acuracidade.

TABELA 4 - ESTATÍSTICAS UTILIZADAS PARA AVALIAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS E VOLUMES COMERCIAIS.

	DIÂMETROS	VOLUMES
1) Desvio (D)	$(\sum \text{Diff}_i)/N$	$(\sum \text{Diff}_i)/N$
2) Desvio Padrão das Diferenças (SD)	$\left[\frac{\sum (\text{Diff} - d_i)^2}{(N-1)^2} \right]$	$\left[\frac{\sum (\text{Diff} - v_i)^2}{(N-1)^2} \right]$
3) Soma do Quadrado do Resíduo Relativo (SQRR)	$\sum (\text{Diff}_i/d_i)^2$	$\sum (\text{Diff}_i/v_i)^2$
4) Porcentagem dos Resíduos (RP)	$\frac{\sum (\text{Diff}_i/d_i) * 100}{N}$	$\frac{\sum (\text{Diff}_i/v_i) * 100}{N}$

Sendo:

$\text{Diff}_i = (v_i - \hat{v}_i)$ ou $(d_i - \hat{d}_i)$ é o desvio dos volumes ou dos diâmetros;

v_i = volume total ou comercial até o diâmetro i da árvore;

\hat{v}_i = volume total ou comercial estimado;

d_i = diâmetro da árvore na posição i do fuste;

N = número de árvores.

A partir dessas estatísticas foi elaborado um ranking para expressar o desempenho dos modelos testados para estimar os diâmetros ao longo do fuste, e os volumes totais e parciais das árvores em estudo. Esse ranking foi feito para cada classe diamétrica e de idade, e também para o conjunto desconsiderando o controle de classe, para as variáveis diâmetro e volume. Considerando cada uma das estatísticas testadas, conforme a Tabela 4, foi atribuída nota 1 para o modelo que apresentou melhor acuracidade em cada posição relativa da medição, e assim sucessivamente até a nota 3 para a equação que propiciou as estatísticas menos acuradas. Equações com mesmo valor das estatísticas receberam as mesmas notas.

4.5 VALIDAÇÃO DAS FUNÇÕES DE AFILAMENTO

As árvores cubadas com a técnica do deslocamento de água (xilômetro) foram utilizadas para o processo de validação das equações de afilamento ajustadas. Este processo consistiu em estimar os volumes dessas árvores pela função de afilamento de melhor acuracidade e compará-las com seus respectivos volumes xilometrados pelo teste de qui-quadrado χ^2 .

$$\chi^2_{\text{CALCULADO}} = \sum \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i}$$

Sendo:

y_i = volume real (xilômetro);

\hat{y}_i = volume estimado (função de afilamento).

Para a equação de regressão utilizando o conjunto total de dados, foram utilizadas todas as árvores cubadas com o xilômetro e para as equações ajustadas por classe de diâmetro e idade foram utilizadas apenas as árvores pertencentes a cada classe conforme mostrado nas Tabelas 5 e 6, respectivamente.

A amostra para a validação deve ser independente dos dados utilizados no ajuste, cobrindo todas as condições de idade, sítios e condições de manejo (PRODAN et al., 1997). Segundo SNEE (1977) citado por PRODAN et al. (1997) depois do desenvolvimento de um modelo de regressão deve ser realizado o controle da validação e qualidade de suas predições, de modo que se tenha a confiança do modelo desenvolvido.

TABELA 5 - FREQUÊNCIA DE ÁRVORES CUBADAS PELOS MÉTODOS DE HOHENADL E XILÔMETRO, NAS DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS.

NÚMERO DA CLASSE	CLASSE DIAMÉTRICA (cm)	MÉTODO HOHENADL	MÉTODO XILÔMETRO
1	5,0 - 9,9	19	11
2	10,0 - 14,9	32	14
3	15,0 - 19,9	30	18
4	20,0 - 24,9	20	8
5	≥ 25,0	20	2
TOTAL	-	121	53

TABELA 6 - FREQUÊNCIA DE ÁRVORES CUBADAS PELOS MÉTODOS DE HOHENADL E XILÔMETRO, NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADES.

NÚMERO DA CLASSE	CLASSE DE IDADE (anos)	MÉTODO HOHENADL	MÉTODO XILÔMETRO
1	6 - 9	24	22
2	10 - 12	55	23
3	13 - 15	26	5
4	16 - 19	16	3
TOTAL	-	121	53

4.6 SORTIMENTO

O sortimento foi feito para idades individuais e idades agrupadas pelo uso da equação de melhor ajuste para a estimativa do volume e posterior extrapolação para o hectare. A obtenção do número de árvores/hectare veio de uma amostragem de 240 parcelas na mesma região de estudo e distribuídas em diferentes idades. Após a obtenção dos resultados fez-se a estimativa para cada idade, possibilitando assim fazer a extrapolação.

O traçamento do fuste foi efetuado de acordo com as seguintes dimensões:

- Toras para serraria com diâmetro mínimo na ponta fina igual a 15,0 cm e com comprimento de 2,40 m;
- Toras para escora de construção civil com diâmetro mínimo na ponta fina igual a 7,0 cm e comprimento de 4,0 m;
- Toras para energia com diâmetro mínimo na ponta fina igual a 4,0 cm e sem comprimento determinado.

Estes padrões para o traçamento foram definidos por consulta com técnicos da EMATER-PR que vem trabalhando em programas de desenvolvimento para a valorização da bracatinga.

4.7 TESTE DE IDENTIDADE

Após a seleção da melhor equação de afilamento para cada classe de idade e para o conjunto total dos dados, foi empregado o teste de identidade na tentativa de agrupar as classes de idade e assim possibilitando o emprego de apenas um modelo.

Adotou-se o teste de identidade de modelos proposto por GRAYBILL (1976). O teste consiste basicamente na redução da soma dos quadrados, permitindo verificar estatisticamente pelo teste F, a significância da diferença entre o total das somas dos quadrados das regressões ajustadas para cada classe de idade isoladamente (modelo completo), e a soma do quadrado da regressão ajustada para o conjunto total dos dados (modelo reduzido). Exemplificando, para o cálculo da soma de quadrados da regressão do modelo reduzido para a combinação das classes de idades 1, 2, 3 e 4, faz-se o ajuste do modelo para as quatro classes juntas, e para o cálculo da soma de quadrado da regressão do modelo completo, calcula-se individualmente para cada classe, depois faz-se o somatório.

A Tabela 7 mostra o procedimento para proceder-se ao cálculo da identidade dos modelos testados.

TABELA 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS DE AFILAMENTO.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Modelo completo	$(C \cdot p)$	$SQ_{(\text{completo})}$		
Modelo Reduzido	P	$SQ_{(\text{reduzido})}$		
Diferença para testar hipótese	$(C-1)p$	$SQ_{(\text{completo})} - SQ_{(\text{reduzido})}$	$SQ_{(\text{diferença})}/(C-1)p$	$QM_{(\text{diferença})}/$ $QM_{(\text{reduzido})}$
Resíduos	$N-(C \cdot p)$	$SQ_{(\text{Total})} - SQ_{(\text{completo})}$	$SQ_{(\text{reduzido})}/N-(C \cdot p)$	
Total	N	SQ Total	-	-

Sendo: GL = grau de liberdade, SQ = soma dos quadrados, QM = quadrado médio, F = teste f, C = número de classes, p = número de parâmetros do modelo reduzido e N = número de observações do modelo completo.

As hipóteses definidas foram:

- H_0 = o modelo reduzido ajustado para o conjunto total dos dados das quatro classes de idade é idêntico aos modelos completos ajustados para cada uma das classes pertencentes;

- H_1 = rejeita-se H_0 .

A combinação das quatro classes de idade possibilitando a combinação de 11 hipóteses, é mostrado na Tabela 8.

TABELA 8 - HIPÓTESES DE IDENTIDADE PARA O MODELO SELECIONADO PARA CADA CLASSE DE IDADE, CONSIDERANDO TODAS AS COMBINAÇÕES POSSÍVEIS.

Hipóteses	Classes de Idade
1	1, 2, 3 e 4
2	1, 2 e 3
3	1, 2 e 4
4	1, 3 e 4
5	2, 3 e 4
6	1 e 2
7	1 e 3
8	1 e 4
9	2 e 3
10	2 e 4
11	3 e 4

Sendo: classe 1 = 6 a 9 anos, classe 2 = 10 a 12 anos, classe 3 = 13 a 15 anos, classe 4 = 16 a 19 anos.

4.8 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para o ajuste dos modelos de afilamento foi utilizado o programa *Statgraphics plus 2.1* visando à obtenção dos coeficientes de regressão, das estatísticas de comparação e análise de resíduos. Para o ajuste do modelo de Potências Fracionárias (HRADETZKY, 1976), utilizou-se o método *Backward*, o qual consiste em eliminar todas as variáveis que não atingem o grau de significância determinado para o teste. Houve uma combinação de potências que foi desde 0,00005 até 95. Para o cálculo dos sortimentos utilizou-se o programa *FlorExel* desenvolvido por ARCE (2005).

As informações obtidas através deste processamento foram organizadas a fim de realizar as análises estatísticas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS

Na Tabela 9 são mostradas as estatísticas média, variância e desvio padrão para as variáveis diâmetro a altura do peito (DAP), altura do fuste e volume calculado a partir da fórmula de Hohenadl, para cada classe diamétrica, de idade e para o conjunto total dos dados. Esta Tabela permitiu um prévio conhecimento do comportamento das variáveis para cada situação.

Nas classes diamétricas para a variável DAP e altura do fuste, a variância e o desvio padrão têm uma tendência de aumentar com o aumento dos diâmetros. Já para a variável volume, as variâncias são semelhantes e o desvio padrão também tende a aumentar com o aumento das classes diamétricas. As estatísticas variância e desvio padrão encontradas para as classes de idade para a variável DAP são sempre maiores quando comparadas com as das classes diamétricas. Isto é devido à maior variação dos dados dentro destas classes de idade. Para o conjunto total dos dados se destaca o alto valor da variância para a variável DAP.

TABELA 9 - ESTATÍSTICAS PARA AS VARIÁVEIS DIÂMETRO ALTURA DO PEITO (DAP), ALTURA DO FUSTE E VOLUME, PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS, DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

Classes	DAP (cm)			H FUSTE (m)			VOLUME (m ³)		
	Média	Var	Desv	Média	Var	Desv	Média	Var	Desv
5,0 - 9,9 cm	8,053	2,852	1,689	9,116	2,957	0,000	0,036	1,720	0,017
10,0 - 14,9 cm	12,977	1,301	1,141	10,082	4,150	0,001	0,096	2,037	0,024
15,0 - 19,9 cm	17,292	1,852	1,361	10,592	5,902	0,002	0,173	2,429	0,041
20,0 - 24,9 cm	22,385	1,917	1,384	9,723	4,184	0,004	0,284	2,046	0,060
>=25 cm	27,503	6,497	2,549	9,618	4,100	0,007	0,414	2,025	0,084
6 - 9 anos	10,417	15,791	3,974	9,290	1,799	0,002	0,062	1,341	0,045
10 - 12 anos	15,475	17,391	4,170	10,474	5,647	0,006	0,148	2,376	0,080
13 - 15 anos	19,360	28,403	5,329	9,424	4,998	0,013	0,216	2,236	0,115
16 - 19 anos	26,797	9,914	3,149	10,225	3,873	0,007	0,417	1,968	0,086
TOTAL	17,229	42,720	6,536	9,920	4,498	0,018	0,189	2,121	0,135

Sendo: Var = variância e Desv = Desvio Padrão.

5.2 AJUSTES DOS MODELOS

Os parâmetros estimados para os três modelos testados por classe diamétrica, classe de idade e para o conjunto total dos dados são apresentados nas Tabelas 10 e 11 respectivamente, com os respectivos Coeficiente de Determinação Corrigido (R^2) e Erros Padrão da Estimativa em percentagem (Syx%). Estas estatísticas retratam valores médios, assim não fornecendo nenhum indicativo do comportamento ao longo do fuste. Estes testes foram complementados pelas estatísticas constantes na Tabela 4, permitindo assim uma análise mais detalhada.

Em geral os modelos testados apresentaram Coeficiente de Determinação (R^2) inferiores a 0,90 e Erros Padrão da Estimativa (Syx%) entre 10 e 15%, conforme pode ser observado nas Tabelas 10 e 11. Apenas na classe diamétrica 5 a 9,9 cm, na classe de idade 6 a 9 anos e para o conjunto total de árvores o R^2 foi maior que 0,9 para todos os modelos testados. Embora o R^2 seja maior nesta classe diamétrica, possui também Syx% superior a 15% para os três modelos testados. Na maioria dos casos as

estatísticas R^2 e $Syx\%$ das classes de idade apresentam-se melhores quando comparadas com os das classes de diâmetros, devido à homogeneização dos dados

O modelo de Kozak et al. (1969) mostrou os menores R^2 em todas as classes diamétricas comparado com os outros dois modelos testados.

As estatísticas R^2 e Syx (%) encontradas nesse trabalho não foram tão boas quando comparados com estudos feitos com *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*.

TABELA 10 - PARÂMETROS ESTIMADOS E MEDIDAS DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL DIÂMETROS PARA OS MODELOS TESTADOS, PARA AS CINCO CLASSES DIAMÉTRICAS E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

MODELO DO QUINTO GRAU – Modelo 1								
Classe Diamétrica (cm)	PARÂMETROS ESTIMADOS						R²	Syx% (\hat{d}_i)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$		
5,0 - 9,9	1,19516**	-2,19149**	7,27964**	-13,1642**	10,6739**	-3,20523**	0,9212	21,2208
10,0 - 14,9	1,26056**	-3,56094**	14,5588**	-29,3654**	26,8153**	-9,11205**	0,80938	11,5624
15,0 - 19,9	1,19799**	-2,9295**	11,7365**	-23,5242**	21,224**	-7,10819**	0,76497	12,2536
20,0 - 24,9	1,21572**	-2,89817**	11,7742**	-23,2009**	19,9781**	-6,22652**	0,71072	12,6688
≥ 25	1,23185**	-3,20556**	13,4069**	-27,9573**	25,9579**	-8,74727**	0,79771	10,9586
TOTAL	1,22262**	-3,02105**	12,0654**	-24,1215**	21,6226**	-7,15046**	0,92437	12,6160

MODELO DE POTÊNCIAS FRACIONÁRIAS – Modelo 2								
Classe Diamétrica (cm)	PARÂMETROS ESTIMADOS						R²	Syx% (\hat{d}_i)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$			
5,0 - 9,9	1,20424**	-0,0674472**	-0,492818**	-0,0611132**			0,92192	17,3247
Potências		0,00005	0,7	4				
10,0 - 14,9	1,28406**	-0,111787**	-0,469429**	-0,104898**			0,81647	11,3452
Potências		0,00005	0,5	3				
15,0 - 19,9	1,22008**	-0,0688047**	-0,470271**	-0,0909698**			0,77156	12,0807
Potências		0,00005	0,5	5				
20,0 - 24,9	1,20809**	-0,510405**	-0,068360**				0,71186	12,6438
Potências		0,5	3					
≥ 25	1,25472**	-0,578841**					0,80132	10,8605
Potências		0,4						
TOTAL	1,24109**	-0,07589**	-0,459412**	-0,145145**	0,0654363**		0,92603	12,4767
Potências		0,00005	0,5	4	17			

MODELO DE KOZAK et al. (1969) – Modelo 3					
Classe Diamétrica (cm)	PARÂMETROS ESTIMADOS			R²	Syx% (\hat{d}_i)
	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$		
5,0 - 9,9	1,32209**	-1,6762**	0,7424**	0,90955	16,1841
10,0 - 14,9	1,41445**	-2,09821**	1,11927**	0,76613	12,8069
15,0 - 19,9	1,28988**	-1,70388**	0,835688**	0,73309	13,0583
20,0 - 24,9	1,34318**	-1,72694**	0,841532**	0,68089	13,3060
≥ 25	1,37269**	-2,04417**	1,18466**	0,77327	11,6017
TOTAL	1,35038**	-1,86388**	0,954686**	0,91545	13,3395

** = coeficientes significativos ao nível de 95% de probabilidade.

TABELA 11 - PARÂMETROS ESTIMADOS E MEDIDAS DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL DIÂMETROS PARA OS MODELOS TESTADOS, PARA AS QUATRO CLASSES DE IDADES E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

MODELO DO QUINTO GRAU – Modelo 1								
PARÂMETROS ESTIMADOS								
Classe Idade (anos)	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	R^2	$S_{yx}\%(\hat{d}_i)$
6 - 9	1,18136**	-2,1841**	7,20916**	-13,2895**	11,213**	-3,56757**	0,93901	10,7046
10 - 12	1,25787**	-3,74865**	16,2077**	-33,3579**	30,388**	-10,1582**	0,90496	11,7342
13 - 15	1,19409**	-2,41612**	8,75301**	-16,4941**	14,1881**	-4,54168**	0,89270	11,5992
16 - 19	1,20971**	-2,75841**	10,4931**	-21,0139**	19,187**	-6,42512**	0,76225	11,9915
TOTAL	1,22262**	-3,02105**	12,0654**	-24,1215**	21,6226**	-7,15046**	0,92437	12,6160

MODELO DE POTÊNCIAS FRACIONÁRIAS – Modelo 2								
PARÂMETROS ESTIMADOS								
Classe Idade (anos)	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	R^2	$S_{yx}\%(\hat{d}_i)$	
6 - 9	1,1913**	-0,067119**	-0,50608**	-0,057774**				
Potências		0,00005	0,7	5		0,93966	10,6474	
10 - 12	1,28259**	-0,125363**	-0,438911**	-0,212281**	0,0958567**			
Potências		0,00005	0,5	4	18	0,90864	11,5051	
13 - 15	1,19665**	-0,505281**						
Potências		0,5				0,89470	11,4904	
16 - 19	1,23251**	-0,549377**						
Potências		0,4				0,76648	11,8844	
TOTAL	1,24109**	-0,07589**	-0,459412**	-0,145145**	0,0654363**			
Potências		0,00005	0,5	4	17	0,92603	12,4767	

MODELO DE KOZAK et al. (1969) – Modelo 3					
PARÂMETROS ESTIMADOS					
Classe Idade (anos)	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	R^2	$S_{yx}\%(\hat{d}_i)$
6 - 9	1,29196**	-1,67533**	0,743909**	0,93072	11,4091
10 - 12	1,39729**	-2,00489**	1,01853**	0,88370	12,9807
13 - 15	1,31091**	-1,66001**	0,869279**	0,88048	12,2420
16 - 19	1,3409**	-1,99327**	1,19017**	0,74492	12,4208
TOTAL	1,35038**	-1,86388**	0,954686**	0,91545	13,3395

** = coeficientes significativos ao nível de 95% de probabilidade.

5.3 ACURACIDADE DOS MODELOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS

Como a avaliação geral dos modelos foi feita levando-se em conta não somente as estatísticas R^2_{cor} e $Sy_x(\%)$, mas também uma análise gráfica dos resíduos. Pode-se observar que nem sempre a equação que apresentou a melhor pontuação conforme será explicado a seguir (Tabela 12), deixa de apresentar altos erros em alguns pontos ao longo da linha média, indicando que a pontuação não é o único fator decisivo na escolha de um modelo.

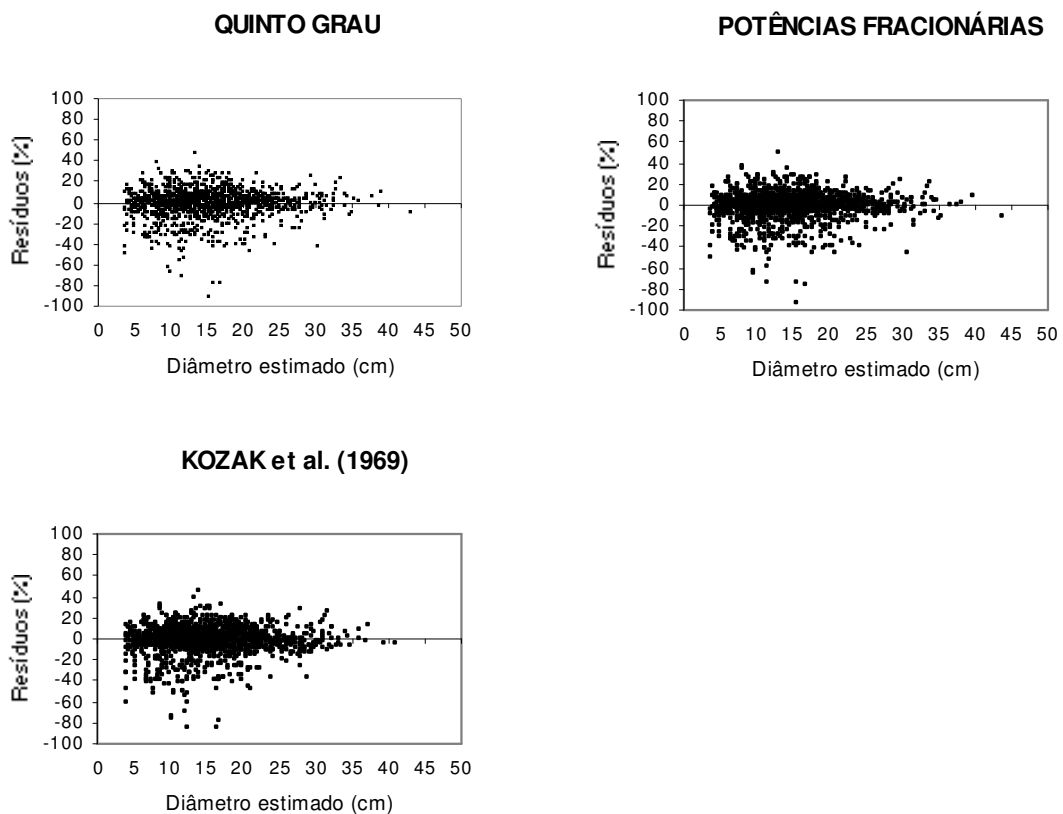


FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

Como mostrado na Figura 2, em geral todos as equações apresentaram alguma tendenciosidade ao longo da linha de estimativa. Os maiores erros geralmente ocorreram na porção superior do fuste, onde a variação dos diâmetros no processo de cubagem foram muito bruscas. Estes gráficos dos resíduos foram feitos para cada

classe diamétrica e de idade conforme o ANEXO A (Figuras A1, A2, A3, A4 e A5), e assim possibilitaram uma avaliação minuciosa do nível de erro das estimativas ao longo da linha média. Todas as equações testadas nas diferentes classes diamétricas e de idades apresentaram altos erros em alguns pontos ao longo da linha média.

A Tabela 12 apresenta as estatísticas Desvio (D), Soma de Quadrados dos Resíduos Relativos (SQRR), Desvio Padrão das Diferenças (SD) e Resíduo Percentual (RP). Essa tabela apresenta apenas os resultados obtidos pelos três modelos polinomiais não-segmentados para o ajuste total de dados. As tabelas para as classes diamétrica e de idades são apresentadas no ANEXO B.

A partir dessas estatísticas foi feita uma classificação, onde a equação testada que apresentou o menor valor no somatório, foi considerado como a equação mais acurada para estimar o diâmetro naquela posição do fuste. Exemplificando, a equação de Hradetzky dentre as três equações analisadas foi o que apresentou o menor somatório na posição da altura relativa 0% para estimativa dos diâmetros (com a nota 6), apresentando o primeiro lugar para a estatística D, primeiro para a estatística SQRR, segundo para a estatística SD e primeiro para estatística RP, conforme observado na Tabela 12. Na segunda posição com a nota 8 ficou a equação de 5º Grau e em último lugar a equação de Kozak com a nota 10. Em quase todas as posições da altura relativa a equação de Hradetzky se destacou em primeiro lugar, apenas na posição de 35% a equação do Polinômio de 5º Grau obteve o primeiro lugar com a nota 6, seguido pelo equação de Hradetzky com 7 e o de Kozak com 11. Já na posição de 95% houve empate em primeiro lugar entre a equação do Polinômio de 5º Grau e a equação do Polinômio de Hradetzky com a nota 7 cada um deles, seguido da equação de Kozak com 10. Então na altura relativa de 95% as equações de Hradetzky e a de 5º Grau foram os que apresentaram estimativas mais acuradas para o diâmetro. Desta mesma forma foi possível determinar a equação mais acurada para a estimativa do diâmetro nas diferentes posições relativas da altura do fuste nas 5 classes diamétricas e nas 4 classes de idade conforme mostrado no ANEXO B.

Em geral, em todas as classes diamétricas e de idade a equação de Hradetzky ocupou o primeiro lugar, excetuando apenas nas classes de 20,0 a 24,9 cm e na de 6 a 9 anos onde a equação do Polinômio de 5º Grau foi o que ocupou o primeiro lugar.

TABELA 12 - ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, PARA O AJUSTE DO CONJUNTO TOTAL DOS DADOS (NÃO AGRUPADOS).

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,302	-0,631	0,246	0,176	-0,011	-0,158	-0,192	0,107	0,281	-0,064	-0,080	0,353
	SQRR	2,108	0,605	0,328	0,358	0,561	0,720	1,064	1,435	1,814	2,912	5,151	5,821
	SD	22,612	20,323	17,938	17,052	16,571	15,961	15,098	14,099	13,169	12,443	11,824	11,422
	RP	1,511	-3,186	1,632	1,128	-0,291	-1,053	-1,082	0,833	1,885	-0,795	-1,866	1,338
Hradetzky (1976)	D	-0,016	-0,004	-0,052	-0,046	0,071	0,048	-0,104	-0,007	0,111	-0,015	0,140	0,207
	SQRR	2,019	0,516	0,286	0,334	0,566	0,728	1,065	1,403	1,726	2,930	5,319	5,643
	SD	22,953	19,650	18,258	17,291	16,483	15,740	15,003	14,221	13,351	12,391	11,588	11,579
	RP	0,000	0,127	-0,146	-0,268	0,239	0,338	-0,457	-0,037	0,494	-0,382	0,133	-0,033
Kozak et al. (1969)	D	1,346	-1,035	-1,049	-0,679	-0,128	0,245	0,372	0,555	0,495	-0,104	-0,510	-0,450
	SQRR	2,863	0,791	0,645	0,505	0,564	0,782	1,251	1,762	2,000	2,900	5,105	5,417
	SD	21,492	20,757	19,329	17,970	16,696	15,528	14,492	13,618	12,939	12,487	12,286	12,284
	RP	6,801	-5,210	-5,680	-4,035	-1,040	1,706	3,050	4,388	3,694	-1,143	-5,556	-5,773
NOTAS													
5° Grau		8	8	7	7	6	8	8	8	8	8	7	8
Hradetzky (1976)		6	4	5	5	7	6	6	6	6	6	7	6
Kozak et al. (1969)		10	12	12	12	11	10	10	10	10	10	10	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

Nas Tabelas 13 e 14 são mostrados os resultados da classificação das equações, ou seja, dados que possibilitaram escolher a equação mais acurada para estimar os diâmetros nas diferentes posições do fuste. A mesma tabela também apresenta a porcentagem de vezes que cada equação esteve em primeiro lugar nas posições. Quando se tem duas equações selecionados em uma mesma posição, é porque ambos obtiveram o mesmo número de pontos no processo de classificação. Quando se calculou a porcentagem em caso destas equações empatadas considerou-se o peso de 0,5 para cada, de modo que o somatório foi de 100%.

Para o conjunto total de árvores a equação de Hradetzky foi a que estimou com maior acurácia os diâmetros em 88% dos casos. Apenas nas posições relativas de 35% da altura do fuste a equação do Polinômio de Quinto Grau obteve o primeiro lugar e na posição de 95% e houve empate entre as equações do Polinômio de Quinto Grau e a de Hradetzky.

A equação de Potências Fracionárias em geral se destacou em todas as posições conforme mostrado na Tabela 13, sendo o melhor resultado na classe diamétrica 10,0 a 14,9 cm com 83% seguido de 67% na classe 15,0 a 19,9 cm. Apenas na classe diamétrica de 20,0 a 24,9 cm a equação do Polinômio do Quinto Grau obteve o maior número de vezes na primeira posição em 58% dos casos.

Na posição relativa de 5% (Tabela 13) da altura do fuste a equação de Potências Fracionárias foi o melhor em todas as classes diamétricas, destacando-se também nas posições relativas de 0%, 15%, 25%, 35%, 45%, 55% e 75% onde esteve em primeiro lugar em quase todas as classes diamétricas.

A equação de Hradetzky, principalmente nas posições inferiores das árvores, à 0%, 5%, 15%, 25%, 35%, 45% e 55% mostrou melhor eficiência, nesta porção onde ocorrem as maiores irregularidades no perfil. Este fato se explica devido às potências maiores representarem melhor a base das árvores, região em que ocorrem maiores irregularidades. Esta tendência também foi encontrada nos trabalhos de ASSIS (2000) e FERREIRA (2004), mesmo estudando espécies diferentes, no caso *Pinus sp.*

A equação de Kozak foi o que mostrou o pior desempenho, tendo apenas pontuação na classe de 20,0 a 24,9 cm com 4% na estimativa dos diâmetros.

TABELA 13 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS, E VALORES PERCENTUAIS DAS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.

Altura (%)	CLASSES DIAMÉTRICAS (cm)					TOTAL
	5,0 - 9,9	10,0 - 14,9	15,0 - 19,9	20,0 - 24,9	≥ 25,0	
0	H	H	H	Q	Q-H	H
5	H	H	H	H	H	H
15	Q	H	H	H	H	H
25	H	H	H	Q	Q	H
35	H	H	Q	Q-K	Q	Q
45	H	H	H	Q	H	H
55	H	Q	H	H	H	H
65	H	Q	H	Q	Q-H	H
75	Q	H	H	H	H	H
85	Q	H	Q	Q	Q	H
95	Q	H	Q	Q-H	H	Q-H
100	Q	H	Q	Q	Q	H
Q	42%	17%	33%	58%	42%	12%
H	58%	83%	67%	38%	58%	88%
K	0%	0%	0%	4%	0%	0%

Modelos: Q – Polinômio de Quinto Grau

H – Potências Fracionárias (Hradetzky (1976))

K – Kozak et al. (1969)

Conforme mostrado na Tabela 14 a equação de Potências Fracionárias apresentou os primeiros lugares nas classes de idade 10 a 12 anos, 13 a 15 anos e 16 a 19 anos com 62%, 58% e 58% respectivamente. Apenas na classe de 6 a 9 anos a equação do Polinômio de Quinto Grau obteve a melhor pontuação com 54% .

Na posição relativa de 5% da altura do fuste a equação de Potências Fracionárias foi o melhor em todas as classes diamétricas, destacando-se também nas posições relativas de 0%, 5%, 15% e 25% onde também esteve em primeiro mas com alguns empates com a equação do Polinômio de Quinto Grau.

Nas demais alturas relativas não houve uma tendência de indicação de uma equação mais eficiente, havendo uma alternância entre as equações, principalmente as equações de Potências Fracionárias, e o Polinômio de Quinto Grau e em poucos casos a equação de Kozak.

A equação de Kozak foi a que mostrou o pior desempenho, tendo pontuação nas classes de 6 a 9 anos, 13 a 15 anos e 16 a 19 anos com 8%, 8% e 4% respectivamente.

TABELA 14 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS, E VALORES PERCENTUAIS DAS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.

Altura (%)	CLASSES DE IDADE (anos)				
	6 - 9	10 - 12	13 - 15	16 - 19	TOTAL
0	Q-H	Q-H	H	Q	H
5	H	H	H	H	H
15	Q-H	H	H	H	H
25	Q-H	H	H	H	H
35	Q	Q	Q	Q	Q
45	H-K	Q	K	H	H
55	Q-H	H	H	H	H
65	Q-H	Q	Q	H	H
75	Q-H	H	H	H	H
85	Q-K	Q	Q	Q	H
95	Q	H	Q	Q-K	Q-H
100	Q	H	H	Q	H
Q	54%	38%	34%	38%	12%
H	38%	62%	58%	58%	88%
K	8%	0%	8%	4%	0%

Modelos: Q – Polinômio de Quinto Grau

H – Potências Fracionárias (Hradetzky (1976))

K – Kozak et al. (1969)

Nas Figuras 3 e 4 são representados os perfis ao longo do fuste para as classes diamétricas e de idade, e para o conjunto total dos dados, respectivamente. Para representar o perfil de cada classe e do conjunto total dos dados, foi utilizada a equação de melhor acuracidade conforme as Tabelas 13 e 14. Exemplificando; para o conjunto total dos dados a equação de Potências Fracionárias foi o mais acurado em 88% das posições relativas ao longo do fuste.

Em geral para as curvas das classes diamétricas (Figura 3) houve uma alteração pouco perceptível no perfil ao longo do fuste. Com o aumento da classe diamétrica, há uma tendência de melhorar a forma do fuste, ou seja, diminuir o

afilamento. Já na porção inferior do fuste ocorre ao contrário, fica mais irregular. A curva da classe diamétrica 20 a 24,9 cm apresentou um comportamento diferenciado das demais, tendo ocorrido uma variação no perfil entre as alturas de 15% a 75% da altura total do fuste.

Nas curvas das classes das idades (Figura 4) a tendência é semelhante ao da classe diamétrica, havendo diminuição do afilamento com o aumento da idade, e de tornar-se mais irregular a parte inferior do fuste, principalmente até a primeira medição (10% da altura do fuste).

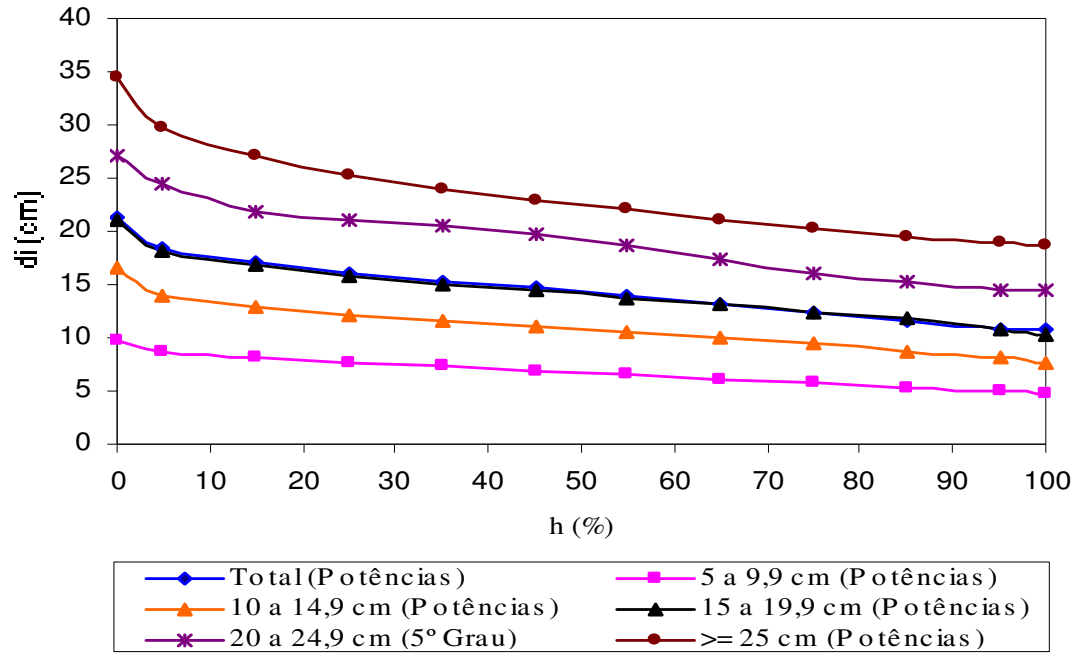


FIGURA 3 - PERFIL MÉDIO DOS FUSTES PARA CADA CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

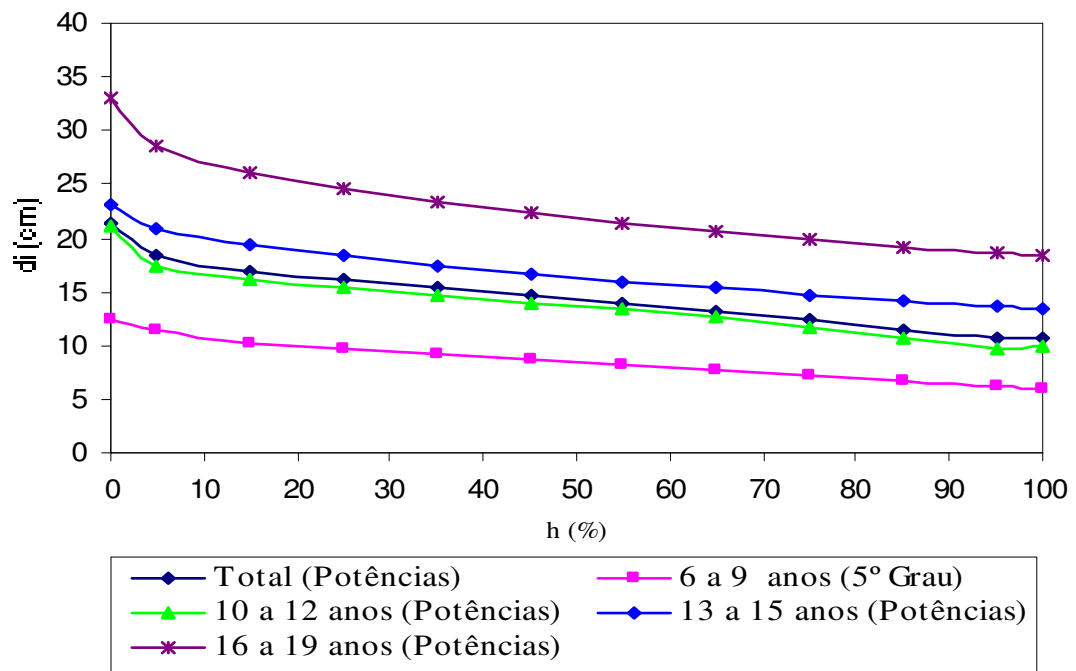


FIGURA 4 - PERFIL MÉDIO DOS FUSTES PARA CADA CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

A Figura 5 mostra os perfis médios reais (d_{cc}) e estimados para o conjunto total dos dados (não agrupados) para os três modelos polinomiais estudados. Os demais perfis por classe diamétrica e de idade são mostrados no ANEXO C.

Conforme a Figura 5 a equação de Potências Fracionárias foi o que propiciou melhor estimativa do perfil ao longo de todas as alturas relativas. Já as equações de Quinto Grau e o de Kozak apresentaram tendenciosidade, ora subestimando ora superestimando. A equação de 5º Grau, principalmente até a posição de 15% da altura relativa do fuste propiciou uma superestimativa. Nas demais posições as variações são quase imperceptíveis. A equação de Kozak mostra uma perceptível tendenciosidade; até a altura relativa de 45% de superestimativa, depois de 45% a 85% uma subestimativa e posteriormente até 100% novamente superestimativa. Estas tendenciosidades da equação de Kozak também ocorreram na maioria das classes diâmetros e de idade.

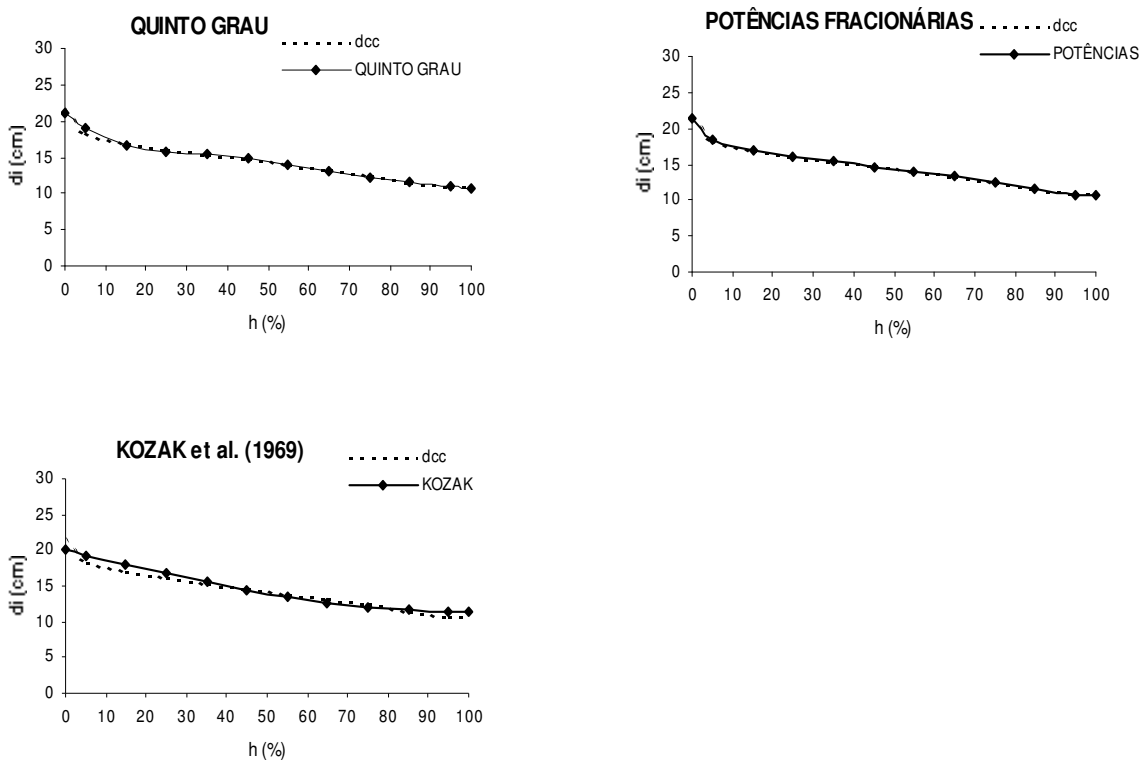


FIGURA 5 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO SEGMENTADOS PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

Em geral as equações do Polinômio de 5º Grau e o de Potências Fracionárias apresentaram estimativas mais acuradas, com algumas tendenciosidades em quase todas as classes diamétricas e de idade, ora perceptível ora pouco perceptível. Já a equação de Kozak em quase todas as classes, apresentou fortes tendenciosidades ao longo das posições relativas do fuste

5.4 ACURACIDADE DOS MODELOS NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES

A Figura 6 mostra a análise gráfica dos resíduos para o conjunto total dos dados (não agrupados). Esses gráficos consistiram em analisar os Resíduos percentuais (%) em função do volume estimado (m^3).

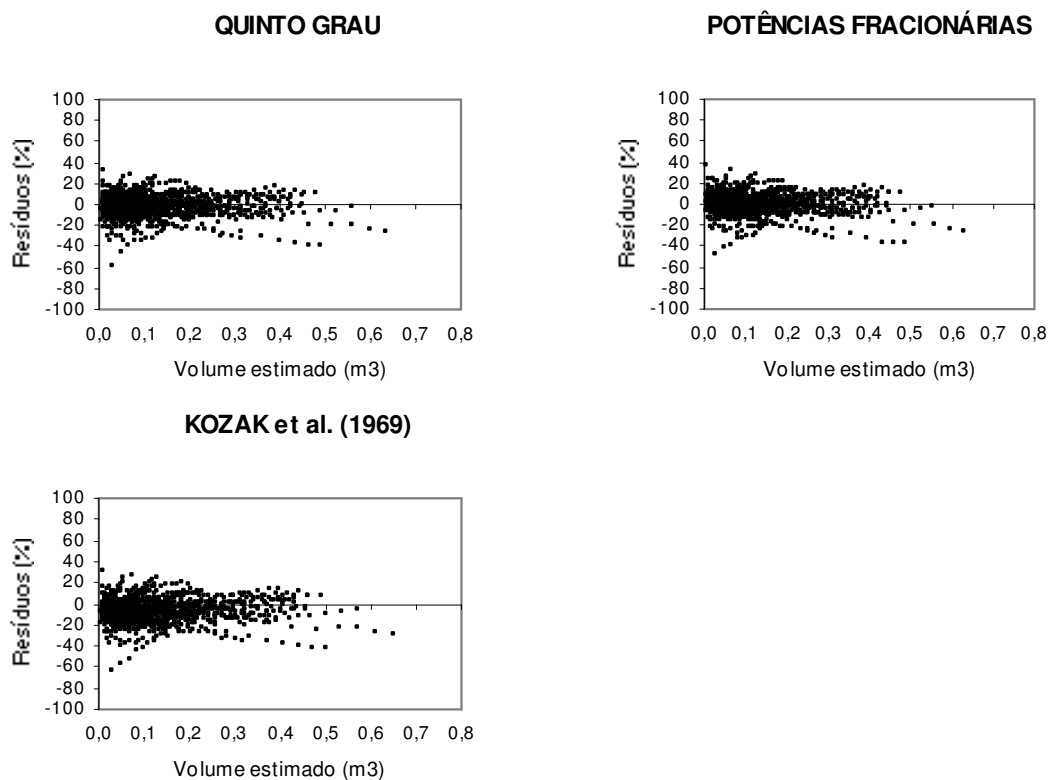


FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

Também foram gerados gráficos deste tipo para cada classe diamétrica e de idade como apresentado nas Figuras A6, A7, A8, A9 e A10 do ANEXO A. Pode-se

observar que nem sempre a equação de afilamento que apresentou a melhor pontuação deixa de apresentar tendenciosidade quando usada para estimativa do volume ao longo da linha média, indicando que a pontuação não é apenas o fator decisivo para a escolha da equação.

Como mostrado na Figura 6, em geral todas as equações apresentaram alguma tendenciosidade ao longo da linha estimativa. Os três modelos testados para as diferentes classes diamétricas e de idades apresentaram algumas tendenciosidades ao longo da linha média.

A Tabela 15 apresenta as estatísticas Desvio (D), Soma de Quadrados dos Resíduos Relativos (SQRR), Desvio Padrão das Diferenças (SD) e Resíduo Percentual (RP). Nessa tabela constam apenas os resultados obtidos pelos três modelos polinomiais não-segmentados para o ajuste total dos dados (não agrupados) para a variável volume em cada altura relativa do fuste, onde os volumes são acumulativos. Exemplificando: os volumes são calculados de 0% até 10% da altura relativa, de 0% a 20% e assim até totalizar o volume (0% a 100%). As tabelas para as classes diamétricas e de idades são apresentadas no ANEXO D.

Em geral os valores obtidos pelas estatísticas Desvio (D) da variável volume foram próximos de zero para a maioria dos casos. Como mostrado na Tabela 15 a equação de Hradetzky foi o que apresentou os menores valores no somatório na maioria das posições, principalmente nas posições inferiores do fuste (até a altura de 60%), sendo, portanto a equação mais acurada para a estimativa do volume para o conjunto total dos dados.

A partir dessas estatísticas foi feita a escolha da equação mais acurada para estimar os volumes parciais nas diferentes posições do fuste, a equação que obteve as menores notas seria a equação mais acurada. Quando se obteve duas equações selecionadas em uma mesma posição, é que estas apresentaram o mesmo número de pontos no processo de classificação. Quando se calcula a percentagem em caso desses modelos empatados considera-se o peso de 0,5 para cada; de modo que o somatório seja de 100%, (Tabelas 16 e 17).

Para o conjunto total de árvores, a equação de Potências foi o que estimou com maior acuracidade os volumes representando 75% das posições, seguido pela equação de 5º Grau com 25%. Nas Tabelas 16 e 17 fica evidente a predominância da equação de Potências ao longo de todo o fuste. Excetuando apenas as classes 15,0 a 19,9 cm, 20,0 a 24,9 cm e 6 a 9 anos (Tabelas 16 e 17), onde a equação de 5º Grau foi o de maior acuracidade com 90%, 65% e 90% respectivamente. Há um destaque para a equação de Potências nas classes de 10,0 a 14,9 cm e 10 a 12 anos, onde representou 100% das posições.

Na classe de idade de 13 a 15 anos (Tabela 17) houve empate das equações de Potências com a de 5º Grau, representando 50% posições cada.

A equação de Kozak foi o que apresentou o pior resultado pontuando apenas nas classes 15,0 a 19,9 cm e 6 a 9 anos com 10% das posições cada.

TABELA 15 - ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, PARA O AJUSTE DO CONJUNTO TOTAL DOS DADOS (NÃO AGRUPADOS).

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,003	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
	SQRR	2,271	0,952	0,737	0,729	0,793	0,894	1,053	1,216	1,406	1,721
	SD	0,040	0,070	0,098	0,124	0,148	0,170	0,189	0,205	0,220	0,233
	RP	-7,048	-2,602	-1,107	-0,802	-0,840	-0,848	-0,458	0,011	0,080	0,140
Hradetzky (1976)	D	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,000	0,000	0,000
	SQRR	1,931	0,917	0,739	0,738	0,808	0,911	1,076	1,239	1,434	1,761
	SD	0,037	0,069	0,097	0,123	0,146	0,168	0,187	0,204	0,218	0,231
	RP	-0,174	-0,047	-0,036	0,243	0,464	0,445	0,543	0,724	0,802	0,984
Kozak et al. (1969)	D	-0,003	-0,007	-0,009	-0,009	-0,008	-0,008	-0,006	-0,005	-0,005	-0,006
	SQRR	2,682	1,943	1,636	1,334	1,129	1,058	1,109	1,219	1,396	1,701
	SD	0,041	0,076	0,107	0,133	0,156	0,176	0,194	0,210	0,224	0,239
	RP	-9,507	-10,001	-9,259	-7,686	-5,930	-4,425	-3,085	-2,151	-1,991	-2,274
NOTAS											
5° Grau		8	8	8	8	7	7	6	6	7	7
Hradetzky (1976)		4	4	4	4	5	5	6	7	7	7
Kozak et al. (1969)		12	12	12	12	12	12	12	11	10	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA 16 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS; E VALORES PERCENTUAIS PARA ÀS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA ESTIMATIVA DOS VOLUMES TOTAIS E PARCIAIS.

Altura (%)	CLASSES DIAMÉTRICAS (cm)					TOTAL
	5,0 - 9,9	10,0 - 14,9	15,0 - 19,9	20,0 - 24,9	≥ 25,0	
10	H	H	Q	H	H	H
20	H	H	Q	Q	H	H
30	H	H	Q	Q	H	H
40	H	H	Q	Q	Q-H	H
50	H	H	Q	Q	Q-H	H
60	H	H	Q	H	H	H
70	Q-H	H	Q	H	Q-H	Q-H
80	Q-H	H	Q	Q	Q	Q
90	Q-H	H	Q-K	Q	Q-H	Q-H
100	Q	H	Q-K	Q-H	Q	Q-H
Q	25%	0%	90%	65%	40%	25%
H	75%	100%	0%	35%	60%	75%
K	0%	0%	10%	0%	0%	0%

Modelos: Q – Polinômio de Quinto Grau

H – Potências Fracionárias (Hradetzky (1976))

K – Kozak et al. (1969)

TABELA 17 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS; E VALORES PERCENTUAIS PARA ÀS VEZES EM QUE O MODELO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO PARA ESTIMATIVA DOS VOLUMES TOTAIS E PARCIAIS.

Altura (%)	CLASSES DE IDADE (anos)				TOTAL
	6 - 9	10 - 12	13 - 15	16 - 19	
10	Q	H	H	H	H
20	Q	H	Q	H	H
30	Q	H	Q	H	H
40	Q	H	Q	Q-H	H
50	Q	H	Q	Q-H	H
60	Q	H	H	Q-H	H
70	Q	H	H	Q	Q-H
80	Q	H	Q-H	Q-H	Q
90	Q-K	H	Q-H	Q-H	Q-H
100	Q-K	H	H	Q-H	Q-H
Q	90%	0%	50%	40%	25%
H	0%	100%	50%	60%	75%
K	10%	0%	0%	0%	0%

Modelos: Q – Polinômio de Quinto Grau

H – Potências Fracionárias (Hradetzky (1976))

K – Kozak et al. (1969)

A Figura 7 mostra os volumes médios reais e estimados para o conjunto total dos dados (não agrupados) para os três modelos polinomiais estudados. Os demais perfis para cada classe diamétrica e de idade são mostrados no ANEXO E. As equações de Potências e o de 5º Grau foram os que apresentaram melhores estimativas do volume ao longo de todas as alturas relativas, com alguma tendenciosidade pouco perceptível em alguns pontos do fuste, ora o subestimando ora o superestimando. A equação de Kozak superestima sistematicamente os volumes ao longo de todas as posições relativas do fuste, não sendo, portanto recomendado para este fim.

Observando as figuras do ANEXO E, verifica-se a alta acuracidade das equações de Potências e o de 5º Grau em estimativa de volume. Apenas cabe ressaltar a Figura E2 onde a equação de Potências da classe 15,0 a 19,9 cm mostrou uma tendência perceptível em superestimar. A equação de Kozak mostra uma baixa acuracidade na estimativa dos volumes parciais em todas as classes.

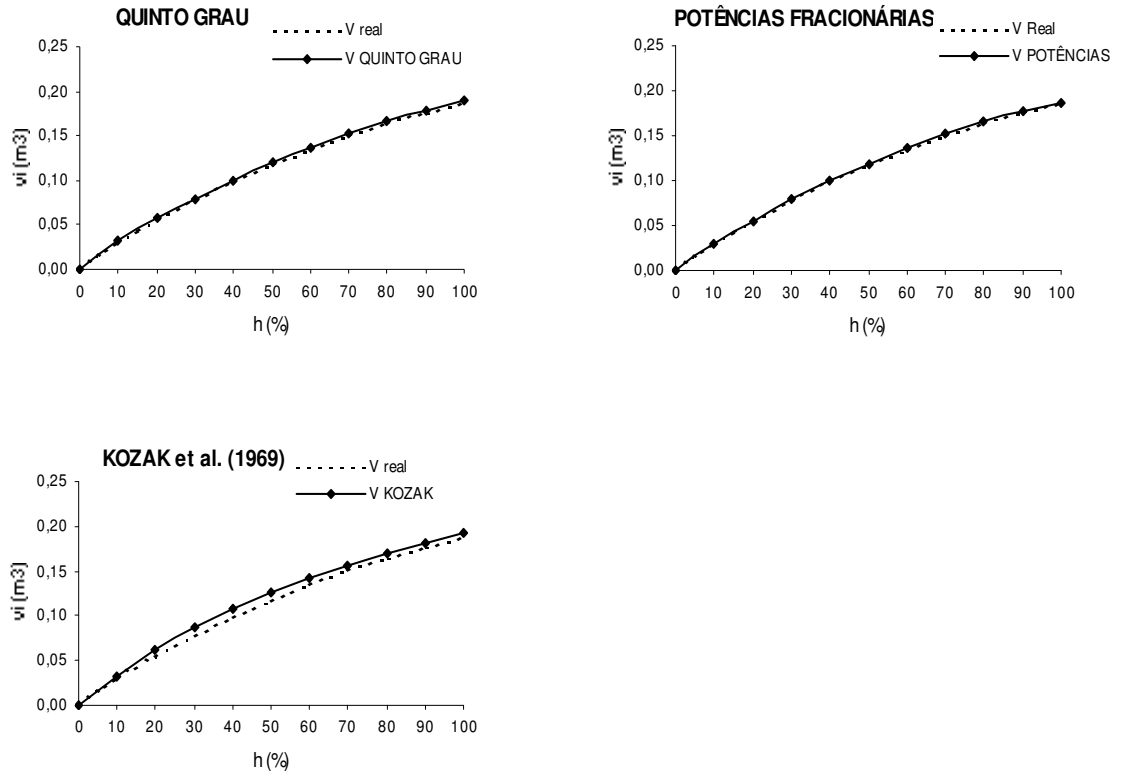


FIGURA 7 - VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

5.5 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO UTILIZADAS PARA A ESTIMATIVA DE VOLUMES

Nas Tabelas 18 e 19 estão apresentados os resultados dos χ^2 calculados, bem como os graus de liberdade para cada classe diamétrica, de idade e para o conjunto total dos dados. Estes valores tabelados foram comparados com os calculados ao nível de 95% de probabilidade. Se o $\chi^2_{\text{Calculado}}$ for menor que o χ^2_{Tabelado} aceita-se a hipótese que o modelo de afilamento usado para estimativa de volume em cada classe diamétrica e de idade, e para o conjunto total dos dados é acurado. Para a classe de idade de 13 a 15 anos (Tabela 19), houve empate entre as equações de Potências e o de 5º Grau, então se fez a validação para ambos.

Como mostrado nas Tabelas 18 e 19, os valores de χ^2 calculados são menores que os χ^2 tabelados para os níveis de probabilidade de 95%; portanto todos os modelos validados podem ser usados na estimativa dos volumes nas respectivas classes diamétricas, de idade e para o conjunto total dos dados.

Nas Tabelas 18 e 19 são mostrados o erro padrão da estimativa em percentagem (Syx%) para a estimativa do volume, para o conjunto total dos dados e para cada classe diamétrica e de idade. Esses erros foram calculados comparando a estimativa das árvores que foram xilometradas com o volume obtido com a equação de melhor acuracidade para cada classe correspondente.

Como mostrados nas Tabela 18 e 19 os menores erros foram encontrados na classe diâmetrica de 10,0 a 14,9 cm e na classe de idade 10 a 12 anos com 10,45% e 14,04% respectivamente. Os resultados mostraram valores consideravelmente altos, como no caso da classe diamétrica de 15,0 a 19,9 cm (Tabela 18), onde o erro foi de 32,91%. Já para as classe de idade, os erros em geral foram altos em quase todos os casos, excetuando apenas na classe de 10 a 12 anos, onde o erro foi de 14,04% (Tabela 19). O maior erro ocorreu na classe de idade de 6 a 9 anos com 48,38%.

TABELA 18 - VALORES DE χ^2 TABELADOS E ESTATÍSTICA DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME TOTAL, PARA CADA CLASSE DIAMÉTRICA E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

Classe diamétrica (cm)	Nº árvores xilometradas	Graus de Liberdade	χ^2 Calculado	Teste	Syx% (\hat{v}_i)
5,0 - 9,9 (Pot.)	11	10	0,0090861	ns	21,13
10,0 - 14,9 (Pot.)	14	13	0,0067372	ns	10,45
15,0 - 20,9 (5º rau)	18	17	0,1635489	ns	32,91
20,0 - 24,9 (5º rau)	8	7	0,0211734	ns	25,05
≥ 25 (Pot.)	2	1	0,0123512	ns	18,94
Total (Pot.)	53	52	0,2118596	ns	21,12

Sendo: ns - não significativo ao nível de 5%.

TABELA 19 - VALORES DE χ^2 TABELADOS E ESTATÍSTICA DE PRECISÃO PARA A VARIÁVEL VOLUME, PARA CADA CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

Classe de Idade (anos)	Nº árvores xilometradas	Graus de Liberdade	χ^2 Calculado	Teste	Syx% (\hat{v}_i)
6 - 9 (5º Grau)	22	21	0,1289738	ns	48,38
10 - 12 (Pot.)	23	22	0,0446757	ns	14,04
13 - 15 (5º Grau)	5	4	0,018918	ns	31,81
13 - 15 (Pot.)	5	4	0,018665	ns	31,43
16 - 19 (Pot.)	3	2	0,0199322	ns	26,29
Total (Pot.)	53	52	0,2118596	ns	21,12

Sendo: ns - não significativo ao nível de 5%.

5.6 SORTIMENTO DE MADEIRA OBTIDO PELAS EQUAÇÕES DE AFILAMENTO EM DIFERENTES IDADES

O sortimento foi feito para cada idade individual e agrupada, e posteriormente extrapolado para o hectare. O número de árvores por hectare e o resultado dos sortimentos em $m^3 \cdot ha^{-1}$ são apresentados na Tabela 20. Nela são apresentadas as quantificações do volume de toras de determinadas bitolas e comprimentos padronizados, caracterizando produtos previamente definidos (serraria, escora e lenha). Cabe ressaltar que esses valores resultam de uma análise específica do fuste da árvore. Essa tabela mostra que a medida que os povoamentos tornam-se mais velhos a tendência é de diminuir a quantidade de árvores por hectare. Isto é devido às características biológicas da espécie de mortalidade acentuada com o aumento da idade.

Nas idades de 11 e 12 anos se destaca a produção de madeira destinada para serraria. Para a produção de madeira para escora as idades mais novas têm as maiores produções, aos 6 anos se destaca com $128,87 m^3 \cdot ha^{-1}$. O volume de lenha decresce, visto que ela é o descarte quando as dimensões não atendem a serraria, posteriormente escora.

Ao final da Tabela 20, tem-se a sumarização dos totais em $m^3 \cdot ha^{-1}$. A produção total por idades individuais ora diminui, ora aumenta. Isto se deve à

mortalidade e posteriormente ao crescimento da floresta. Após os 15 anos a mortalidade já é bem acentuada, ocorrendo poucas árvores por hectare.

Para as idades agrupadas a produção total tende a diminuir com a idade. A produção de madeira serrada aumenta com a idade, fato não encontrado na produção de escora e lenha, onde diminui.

O objetivo principal dessas Tabelas 20 e 21 de sortimento é de priorizar madeiras de uso mais nobre, onde o produto principal é a madeira serrada, seguido pela escora utilizada na construção civil e por último a lenha, usada quase sempre para energia. Esta tem a intenção de tornar a cultura da bracatinga uma atividade mais valorizada, dando a ela o destino economicamente mais viável, dependendo das condições do mercado.

A Tabela 21 apresenta as quantificações de toras com bitolas e comprimentos já definidos, caracterizando os produtos serraria e escora.

A produção de toras para serraria é maior nas idades 11, 12 e 14 anos, para as idades mais novas há menor quantidade, sendo que aos 6 anos não há produção de toras. A quantidade de toras para escora têm, ao contrário, tendência de diminuir com a idade, aos 6 anos obtém-se maior quantidade, com 3.361 toras por ha.

Nas idades agrupadas há um aumento considerado de toras para serraria. Já para escora ocorre um decréscimo acentuado do número de toras com o aumento da idade.

Estes resultados apresentados nas Tabelas 20 e 21 evidenciam uma grande oscilação dos resultados dentro da mesma idade e entre idades, fato não encontrado quando se estuda principalmente o gênero *Pinus sp* e *Eucalyptus sp*. Estes valores foram influenciados pela relação (altura fuste/DAP), onde árvores mais grossas as vezes tinham alturas menores que árvores mais finas dentro da mesma idade e entre as diferentes idades, e também devido à mortalidade acentuada com o aumento da idade.

TABELA 20 - NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE COM SEUS RESPECTIVOS SORTIMENTOS ($m^3.ha^{-1}$) PARA IDADES INDIVIDUAIS E AGRUPADAS.

Idade (anos)	Nº árv./ha	SORTIMENTOS ($m^3.ha^{-1}$)			Total ($m^3.ha^{-1}$)
		Serraria	Escora	Lenha	
6	2563	0,00	128,87	47,93	176,80
7	2213	20,41	84,47	48,00	152,89
8	1869	47,53	71,05	37,96	156,54
9	1543	12,64	64,67	25,88	103,19
10	1246	48,04	96,69	22,35	167,07
11	983	123,38	35,85	28,73	187,96
12	758	119,90	26,93	23,97	170,80
13	572	69,67	33,06	17,09	119,82
14	422	99,63	5,43	14,67	119,73
15	304	42,37	13,06	7,92	63,35
6 - 7	2388	10,17	106,73	47,95	164,85
8 - 9	1706	24,09	69,22	30,69	123,99
10 - 11	1114	60,27	78,31	22,24	160,82
13 - 14	497	74,74	23,14	15,46	113,33

TABELA 21 - NÚMERO DE ÁRVORES POR HECTARE COM SEUS RESPECTIVOS SORTIMENTOS (NÚMERO TORAS. ha^{-1}) PARA IDADES INDIVIDUAIS E AGRUPADAS.

Idade (anos)	Nº árv./ha	SORTIMENTOS (Nº Toras. ha^{-1})		Total (Nº Toras. ha^{-1})
		Serraria	Escora	
6	2.563	0	3.661	3.661
7	2.213	369	1.845	2.213
8	1.869	680	1.529	2.209
9	1.543	220	1.470	1.690
10	1.246	731	2.031	2.762
11	983	1.671	688	2.359
12	758	1.448	483	1.931
13	572	763	610	1.373
14	422	1.350	84	1.435
15	304	498	221	719
6 - 7	2.388	184	2.756	2.939
8 - 9	1.706	373	1.546	1.919
10 - 11	1.114	875	1.632	2.507
13 - 14	497	895	423	1.317

5.7 TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS

Este teste tem como objetivo verificar a possibilidade de agrupamento das diferentes classes de idades e conseqüentemente ajustar um único modelo para o conjunto total dos dados. Ao todo foi possível fazer 11 combinações entre as 4 classes de idade. As Tabelas 22, 23 e 24 mostram os resultados do teste de identidade de modelo para o Polinômio de 5º Grau, Polinômio de Potências Fracionárias e o de Kozak, respectivamente. Essas tabelas também apresentam os quadrados médios da diferença e dos resíduos provenientes da análise de variância da regressão (ANAVA) que possibilitou o ajuste dos polinômios. Desta forma sempre que o valor de $F_{(\text{calculado})}$ for maior que $F_{(\text{tabelado})}$ ou P menor do que 0,05, indica que o teste é significativo ao nível de significância de $\alpha = 0,05$, ou seja, rejeita-se H_1 . Então a soma de quadrados dos resíduos de cada classe de idade difere estatisticamente da soma de quadrados dos resíduos feito para o conjunto total dos dados. Quando ocorrer o contrário o teste é não significativo, então aceita-se H_0 .

A primeira combinação para o conjunto total dos dados (combinação 1, 2, 3 e 4) apresentada nas Tabelas 22, 23 e 24, caso o teste desse não fosse significativo ao nível de probabilidade de 95%, partir-se-ia do princípio que não precisaria estratificar por classe de idade, devido a possibilidade de agrupamento das quatro classes de idade. No entanto como o resultado foi significativo fez-se o teste para as diferentes combinações.

Para todos os três modelos testados o teste de identidade mostrou o mesmo comportamento para a combinação das classes de idade de 3 e 4, ou seja, poderá ser ajustado um único modelo (modelo reduzido).

As Tabelas 22 e 24 mostraram a possibilidade de agrupamento das classes de idade 1 e 2 por apresentarem $P(F_{v_1, v_2} > F_{\text{calculado}}) = 0,88619$ e $0,72392$ respectivamente.

Em geral as demais combinações para os três modelos testados, o teste de F indicou que é inadequado o agrupamento das classes de idade para a obtenção de equações reduzidas. Então estas devem ser ajustadas individualmente (modelo completo).

TABELA 22 - RESULTADO DO TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS POR MEIO DO TESTE DE F, PARA AS 11 COMBINAÇÕES DENTRO DAS QUATRO CLASSES DE IDADE ESTUDADAS PARA O POLINÔMIO DE 5º GRAU.

Combinações	QM (diferença)	QM (resíduo)	F calculado	F tabelado 5%	Valor – p P (F _{v1,v2} > F _{calculado})	Teste
1, 2, 3 e 4	0,03789	0,00879	4,311	1,73798	0,99996	s
1, 2 e 3	0,04116	0,00847	4,857	1,92193	0,99986	s
1, 2 e 4	0,03187	0,00869	3,665	1,92247	0,99896	s
1, 3 e 4	0,02667	0,00809	3,295	1,92498	0,99784	s
2, 3 e 4	0,04787	0,00969	4,938	1,92235	0,99987	s
1 e 2	0,01517	0,00826	1,837	2,30204	0,88619	ns
1 e 3	0,03697	0,00721	5,129	2,30548	0,99864	s
1 e 4	0,03545	0,00741	4,785	2,30785	0,99806	s
2 e 3	0,06910	0,00946	7,302	2,30190	0,99978	s
2 e 4	0,04841	0,00990	4,892	2,30271	0,99829	s
3 e 4	0,00605	0,00980	0,617	2,30728	0,08227	ns

Sendo: v1 = Graus de Liberdade do denominador; v2 = Grau de Liberdade do numerador; s = Significativo ao nível de 95% de probabilidade pela distribuição F e ns = Não significativo ao nível de 95% de probabilidade pela distribuição F. Classe 1 = 6 a 9 anos; classe 2 = 10 a 12 anos; classe 3 = 13 a 15 anos e classe 4 = 16 a 19 anos.

TABELA 23 - RESULTADO DO TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS POR MEIO DO TESTE DE F, PARA AS 11 COMBINAÇÕES DENTRO DAS QUATRO CLASSES DE IDADE ESTUDADAS PARA O POLINÔMIO DE POTÊNCIAS FRACIONÁRIAS.

Combinações	QM (diferença)	QM (resíduo)	F calculado	F tabelado 5%	Valor – p P (F _{v1,v2} > F _{calculado})	Teste
1, 2, 3 e 4	0,04326	0,00854	5,068	1,84775	0,99996	s
1, 2 e 3	0,04616	0,00821	5,623	2,07058	0,99980	s
1, 2 e 4	0,03985	0,00842	4,735	2,07108	0,99942	s
1, 3 e 4	0,04921	0,00796	6,182	2,71301	0,99743	s
2, 3 e 4	0,07341	0,00939	7,815	2,30094	0,99985	s
1 e 2	0,02190	0,00796	2,751	2,54335	0,96202	s
1 e 3	0,04731	0,00709	6,673	2,93561	0,99660	s
1 e 4	0,06998	0,00730	9,581	3,67800	0,99591	s
2 e 3	0,07400	0,00914	8,097	2,54320	0,99954	s
2 e 4	0,08641	0,00955	9,047	2,93322	0,99887	s
3 e 4	0,01053	0,00962	1,095	5,63531	0,45595	ns

TABELA 24 - RESULTADO DO TESTE DE IDENTIDADE DOS MODELOS POR MEIO DO TESTE DE F, PARA AS 11 COMBINAÇÕES DENTRO DAS QUATRO CLASSES DE IDADE ESTUDADAS PARA O POLINÔMIO DE KOZAK.

Combinações	QM (diferença)	QM (resíduo)	F calculado	F tabelado 5%	Valor – p P (F _{v1,v2} > F _{calculado})	Teste
1, 2, 3 e 4	0,15639	0,03776	4,142	2,30000	0,99618	s
1, 2 e 3	0,17178	0,03768	4,559	2,71065	0,99181	s
1, 2 e 4	0,12792	0,03894	3,285	2,71106	0,97356	s
1, 3 e 4	0,09517	0,02932	3,245	2,71301	0,97236	s
2, 3 e 4	0,20923	0,04241	4,933	2,71098	0,99390	s
1 e 2	0,06423	0,03907	1,644	3,67346	0,72392	ns
1 e 3	0,11560	0,02647	4,368	3,67615	0,96726	s
1 e 4	0,13327	0,02664	5,002	3,67800	0,97673	s
2 e 3	0,31147	0,04321	7,207	3,67335	0,99114	s
2 e 4	0,19597	0,04569	4,289	3,67399	0,96580	s
3 e 4	0,03453	0,03528	0,979	3,67756	0,41016	ns

6 CONCLUSÕES

→ A equação de Potências Fracionárias foi a mais acurada na estimativa dos diâmetros e volumes em quase todas as classes diamétricas e de idade, e a melhor para o conjunto total dos dados;

→ A equação de Kozak et al. (1969) apresentou tendenciosidade ao longo do fuste tanto na estimativa do diâmetro como do volume, ora o superestimando ora o subestimando em todas as classes e no conjunto total dos dados, portanto não deve ser utilizado nas estimativas;

→ A equação de Potências Fracionárias mostrou uma alta eficiência na estimativa dos diâmetros, principalmente nas partes inferiores do fuste;

→ Com o aumento da idade, os fustes de bracatinga tornam-se mais próximos de um cilindro;

→ Todas as equações que foram validados na estimativa do volume são recomendados na utilização para este fim;

→ A estimativa do volume pela equação de afilamento quando comparados com seus respectivos volumes calculados pela técnica de deslocamento de água (xilômetro), apresentou erro padrão da estimativa acima de 10% em todas as classes diamétricas, de idade, bem como para o conjunto total dos dados.

→ Em geral os sortimentos obtidos apresentaram grande variação entre e dentro das idades, causado pela oscilação da razão altura/diâmetro, e pela mortalidade acentuada;

→ Na tabela de sortimento mostra que em todas as idades a possibilidade de um uso alternativo da madeira de bracatinga (energia, escora e serraria);

→ No teste de identidade para os três modelos testados mostrou a possibilidade de agrupar as classes de idade 3 e 4. As classes 1 e 2 somente podem ser agrupadas para as equações de 5º Grau e para o de Kozak.

7 BIBLIOGRAFIA

AHRENS, S.; HOLBERT, D. Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L. In: **Boletim de pesquisa florestal, unidade regional de pesquisa florestal Centro-Sul**, EMBRAPA, 03, 1981 .p. 37 – 68.

ANDRADE, V.C.L. de. **Um método para descrever o perfil do tronco em árvores de eucalipto utilizando geometria analítica**. Viçosa: UFV, 2001. 74p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal)

ANDRADE, V.C.L. de; LEITE, H.G. Uso de geometria anlítica para quantificar multiprodutos de árvores individuais. **Folha Florestal**, Viçosa, 5-6p, 1997. Edição Especial: Colheita e Transporte Florestal.

ARCE, J.E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte**. Curitiba: UFPR – Setor de Ciências Agrárias, 2000, 125p. (Tese – Doutorado em Engenharia Florestal).

ASSMANN, E. **The principles of forestry yield study**. Oxford, Pergamon Press, 1970. 506p.

ASSIS, A.L. de. **Avaliação de Modelos Polinomiais Segmentados e Não-Segmentados na Estimativa de Diâmetros e Volumes Comerciais de *Pinus taeda***. Lavras: UFLA, 2000. 189p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B. **Utilização de madeiras de essências florestais nativas na obtenção de celulose: bracatinga (*Mimosa scabrella*), embaúba (*Cecropia sp.*) caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e boleira (*Joannesia princeps*)**. IPEF, Piracicaba, (10): 43-56, 1975.

BARTOSZECK,A.C. de. P. e. S. **Evolução da relação hipsométrica e da distribuição diamétrica em função dos fatores idade, sítio e densidade inicial em bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba..** Paraná: UFPR, 2000. 214p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

BIANCHETTI, A. Produção e tecnologia de sementes florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., Curitiba, 1981. **I Seminário de sementes e viveiros florestais**. Curitiba, FUPEF, 1981 v.1, p. 15-42.

BIGING, G. S. Taper equations for second mixed-conifers of Northean California. **Forest Science**, vol. 30, num. 4, p. 1103-1117. 1984.

BRASIL, M. da S. Sobre a bracatinga e sua importância. **O Campo**, Rio de Janeiro, 5(6) :63-4, 1934.

CAMPOS, J.C.C.; RIBEIRO, J.C. Avaliação de dois modelos de “taper” em árvores de *Pinus patula*, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 6, n.2, p.140 – 149, jul./dez. 1982.

CAMPOS, J.C.C., LEITE, H. G.; SOUZA, R.N. de. Classificação de árvores de eucalipto para postes. In: **6º Congresso Florestal Brasileiro. Campos do Jordão**, São Paulo, 22 a 27 de setembro de 1990, p. 72-77.

CARDOSO, J.A bracatinga. **Brasil Madeira**, Curitiba, 3(33): 10-1, 1979.

CARPANEZZI, A.et al. **Manual técnico da bracatinga** (Mimosa scabrella Bentham). EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 20. Colombo, 1988.

CONCEIÇÃO, M da. B. Comparação de métodos se estimativa de volume em diferentes idades em plantações De eucalytus grandis HILL. EX – MAIDEN. Paraná: UFPR, 2004. 144p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).

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

FERREIRA, M.Z. “**Estudo de Funções de Afilamento para Representar o Perfil e o Volume do Fuste de *Pinus taeda* L**”. Lavras: UFLA 2004. 196p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

FERREIRA, S.O. “**Estudo da Forma do Fuste de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana***”. Lavras: UFLA 1999. 132p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

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

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

FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, C.G.; MOURA, J.B.; CUNHA, U.S. **Conversão de equações de volume em equações de forma compatíveis para *Pinus elliotti***. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1.: 1993: Curitiba) E CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7.: 1993: Curitiba). ANAIS. Curitiba: SBS/SBEF, 1993. p. 501-503, v.2.

FIGUEIREDO FILHO, A.; SCHAAF, L.B. Comparison between predicted volumes estimated by taper equations and true volumes obtained by the water displacement technique (xylometer). **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v.29, p.451-461, 1999.

FRIEDL, R.A. **Dinâmica da forma dos fustes em povoamentos plantados de *Araucária angustifolia* (Bert) ° Ktze.** Curitiba: UFPR – Setor de Ciências Agrárias, 1989, 166p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

FISCHER, F. **“Eficiência dos Modelos Polinomiais e das Razões de Volume na Estimativa Volumétrica dos Sortimentos e do Perfil de *Pinus taeda*.”** Lavras:UFLA 1997. 167p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

GRAYBILL, J. **Theory and application of the linear model.** Belmont: Duxbury, 1976.

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

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

HUSH, B; MILLER, C.L.; BEERS, T.E. **Forest mensuration.** 2. ed. New York: Ronald Press, 1972. 410 p.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná:** 1994. Londrina: IAPAR, 1994.

JOHNSON, T. “Taxatariska undersökringar om skogsträdens form. Skgsvards föreningens tidskriffl. Häfte, Berlim, v.9, n.10, p.285-329, 1911.

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica do município de Curitiba e arredores (Paraná). **Boletim da Universidade do Paraná**, Curitiba, 4: 1-30, 1962.

KOZAK, A.; MUNRO, D.P.; SMITH, J.H.G. Taper functions and their application in forest inventory. **Forest Chronicle**, Toronto, v. 45, n. 4, p. 278 – 283, 1969.

LARSON, P.R. Stern from development of forest tree. **Forest Science Monograph**, Washington, p.1-41, 1963.

LOETSCH, F.; ZOHRER, F.; HALLER, K.E. **Forest Inventory.** München: BLV 1973. v. 2. 469 p.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná. 1981. 450p.

MACHADO, S.do A. Influência da idade na forma do fuste de *Araucaria angustifolia* em plantações no Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O uso de funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, Curitiba, 1982. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA, 1982. p. 51–55 (Documento 9).

MACHADO, S.do 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., Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Paranaense de Engenheiros Florestais, 1991. p. 89-104.

MACHADO, S.do A.; OLIVEIRA, E.B.; FERREIRA, C.A.; CARPANEZZI, A.A.; BAGGIO, A.J. **Desenvolvimento de um Complexo Dendrométrico, Biométrico e Silvométrico para Bracatingais Nativos da Região Metropolitana de Curitiba como Base para o Manejo Florestal**, Proposta de Pesquisa a ser Desenvolvida pela EMBRAPA/CNPQ, p.25, Curitiba, 1996.

MAX, T.A.; BURKHART, H.E. Segmented polynomial regression applied to taper equations. **Forest Science**, Washington, v. 22 n. 3, p. 283 – 289, sept. 1976.

MAZUCHOWSKI, J.Z. **Organização da Reposição Florestal**. Convênio BRASIL/Paraná – FRANÇA – FAO. Curitiba, 1990. p.114.

MOURA, J.B. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira**. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, U.F.P., 1994, 114p. (Tese – Mestrado em Ciências Florestais).

PEDROSO, O.; MATTOS, J.R. **Estudos sobre madeiras no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IPRNR, 1987.

PRODAN, M. **Holzmesselehre**. Frankfurt am mains J.D. Souerlanders Verlag, 1965. 644p.

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

REICHMANN NETO, F. **Revegetação de áreas marginais e reservatórios de hidrelétricas**. Curitiba, COPEL. 1979. 15p.

ROSOT, M.A.D. **Estudo comparativo de métodos para avaliação volumétrica para unidade de área em povoamentos de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFPR, 1989. 163P. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal)

RIOS, M.S. **“A Eficiência das Funções Polinomiais, da Função Spline Cúbica, e Razões de Volume para Representar o Perfil da Árvore e Estimar os Sortimentos de *Pinus elliottii*.”**. Lavras: UFLA, 1997. 116p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

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

SCHOEPPER, W. **Autimatisierung des Massen, Sorten and Wertberechnung stenender Waalbestande** Schriftenreihe Bad. [S.I.]: Wurt-Forstl., 1966. n.p

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal; Módulo 2; Volumetria.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1993.

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal; Módulo 3; Relações Quantitativas, em Volume, Peso e a Relação Hipsométrica.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1993.

SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal: medição e volumetria de árvores.** Lavras: UFLA0/FAEPE, 1998. 310p.

SILVA, J. A. Funções de Forma dos Troncos de *Pinus taeda*, *Pinus excelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestre* In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O uso das funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, 1981, Curitiba (PR). **Anais...** Curitiba: 1982. p.29 – 45. (Documentos, 9).

SIMÕES, J.W.; POGGIANI, F.; BALLONI, E.A.; RARIZ, M.S.; LEITE, J.C.C.; VIDIGAL, R.M. Implantação de espécies florestais em solo alterado pela exploração do xisto. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ECOLOGIA, 1., Curitiba, 1978. **Anais.** v.5. Curitiba, Instituto de Terras e Cartografia, 1978. p.61-8.

TONON, A.E.N. **Efeitos da Densidade Inicial e do Sítio Sobre o Crescimento e a Produção de Bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba. 1998. 193 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR).

YARED, J.A.G.; LEITE, H.G.; SILVA, R.R.F. Volumetria e fator de forma de morototó (*Didymopanax morototonii* AUBL. DECNE. ET PLANCH.) sob diferentes espaçamentos. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7 e CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, Curitiba. **Anais...**1993, vol.2, p.570 – 573.

ANEXO A

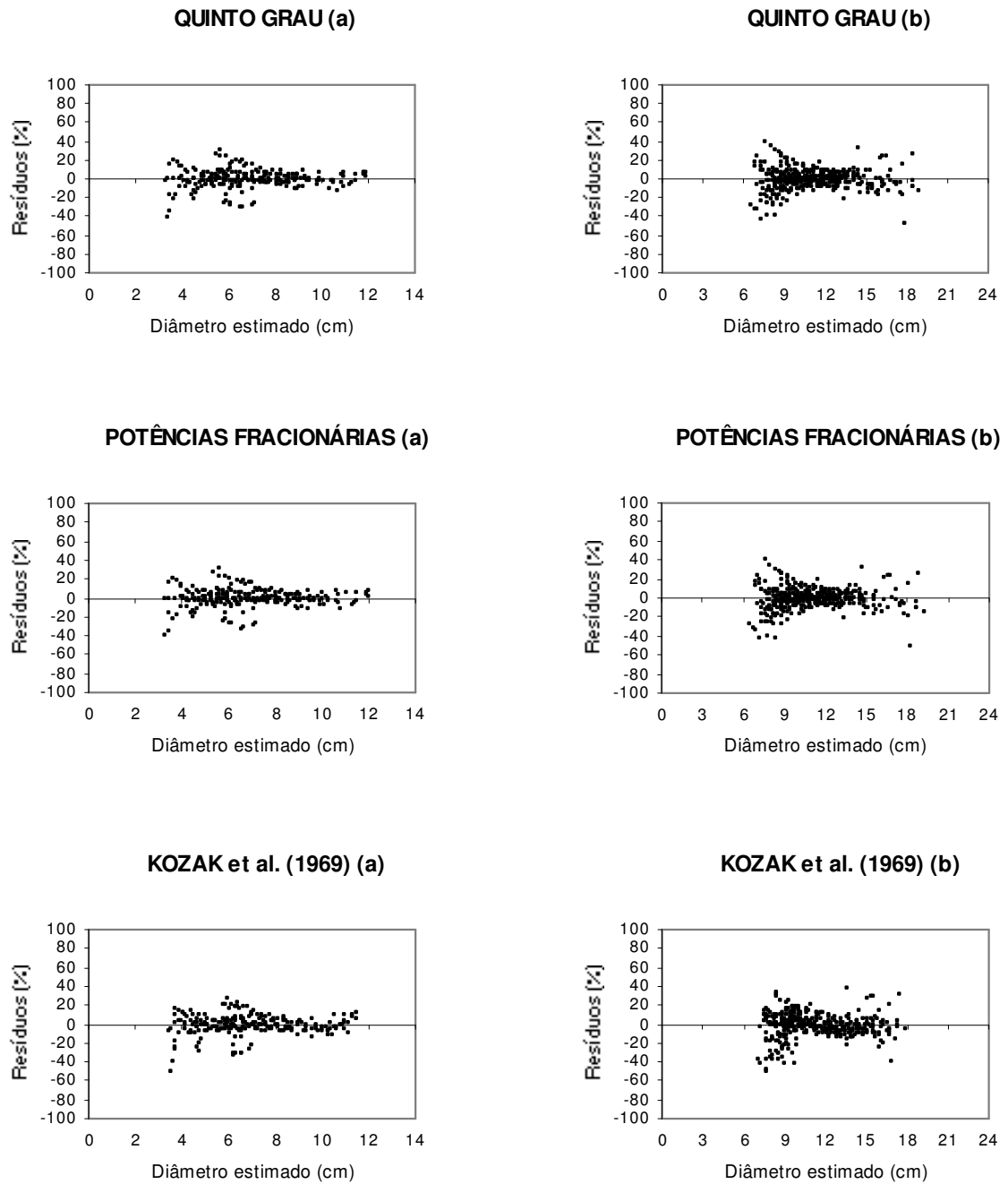


FIGURA A1 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 5 A 9,9 CM (A); E 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

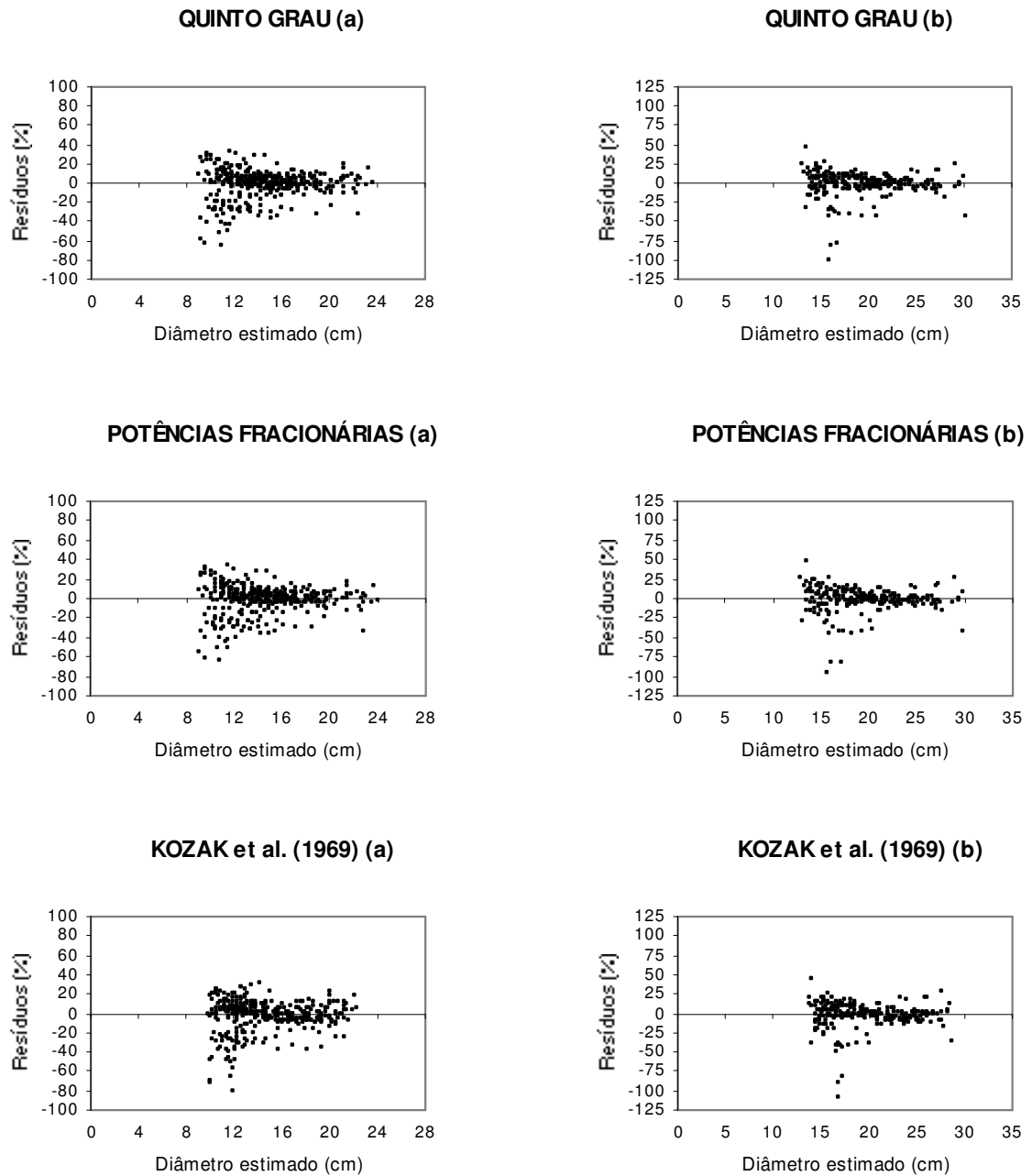


FIGURA A2 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 15 A 19,9 CM (A); E 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

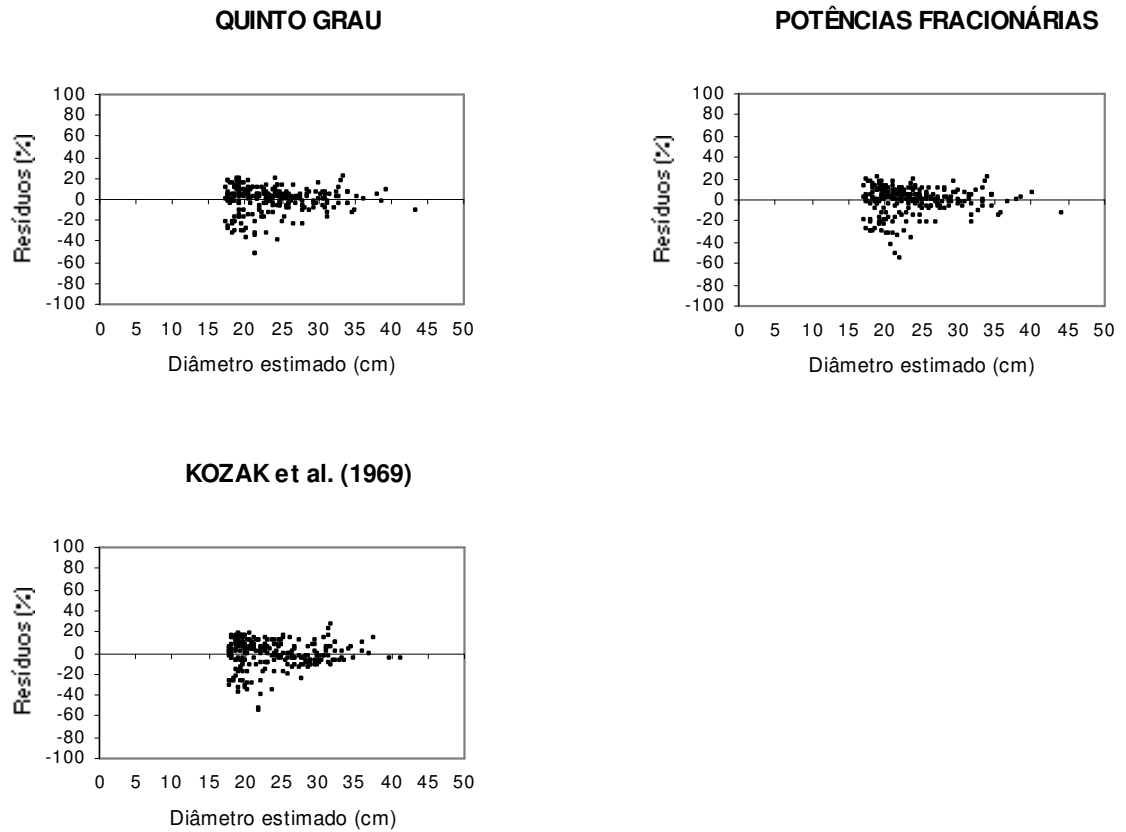


FIGURA A3 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

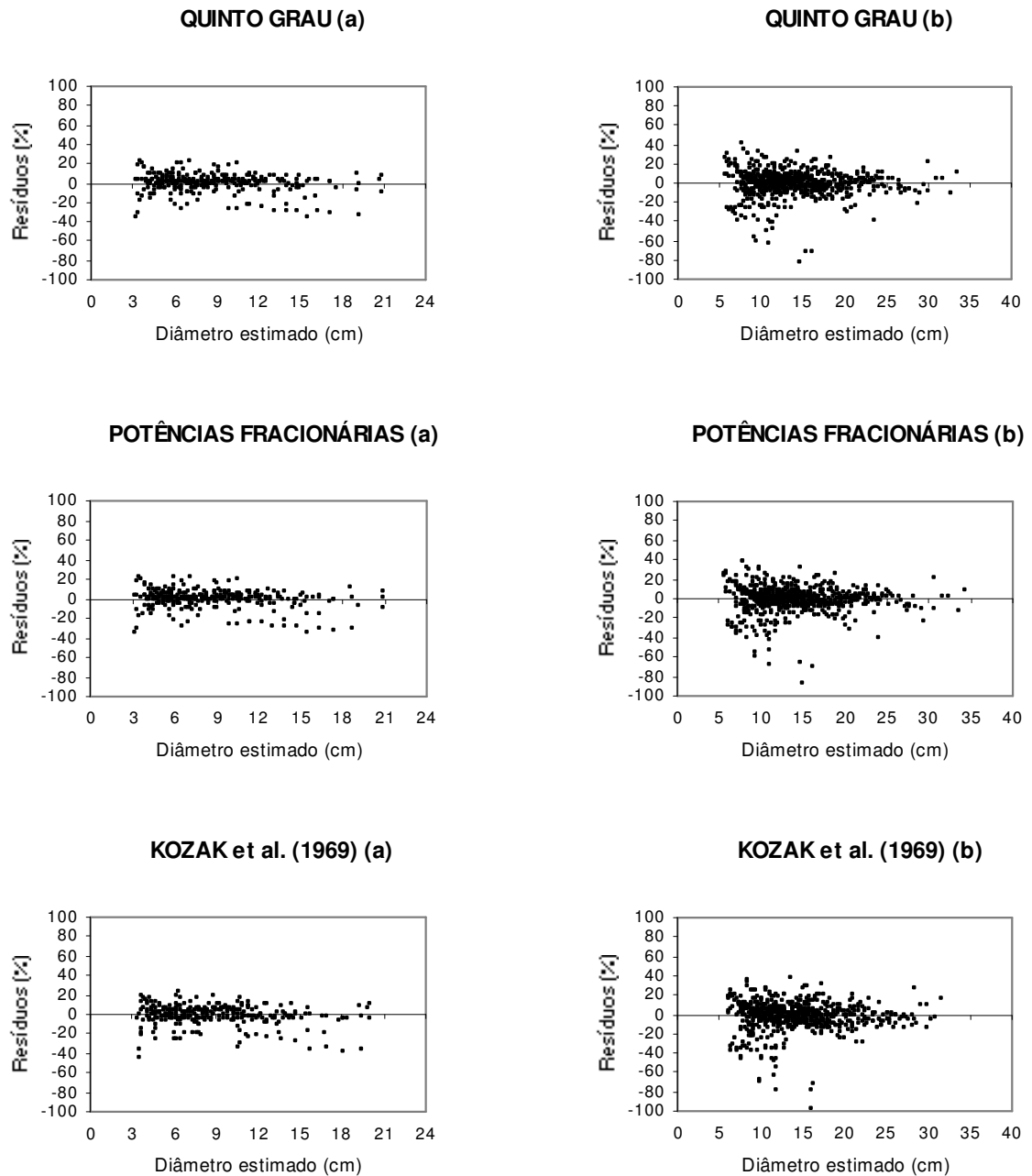


FIGURA A4 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DE IDADES 6 A 9 ANOS (A); E 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

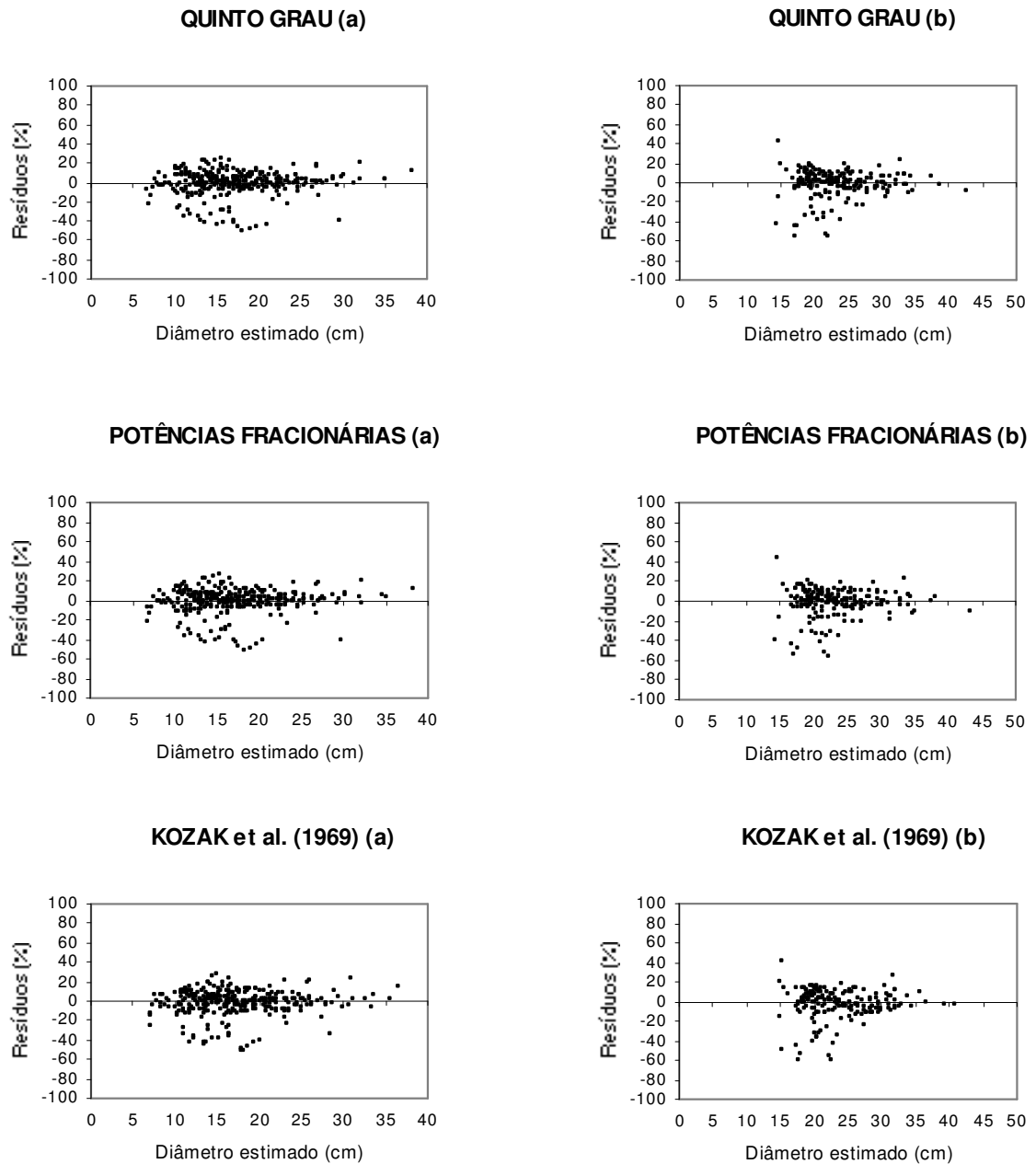


FIGURA A5 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO ESTIMADO PARA AS CLASSES DE IDADES 13 A 15 ANOS (A); E 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

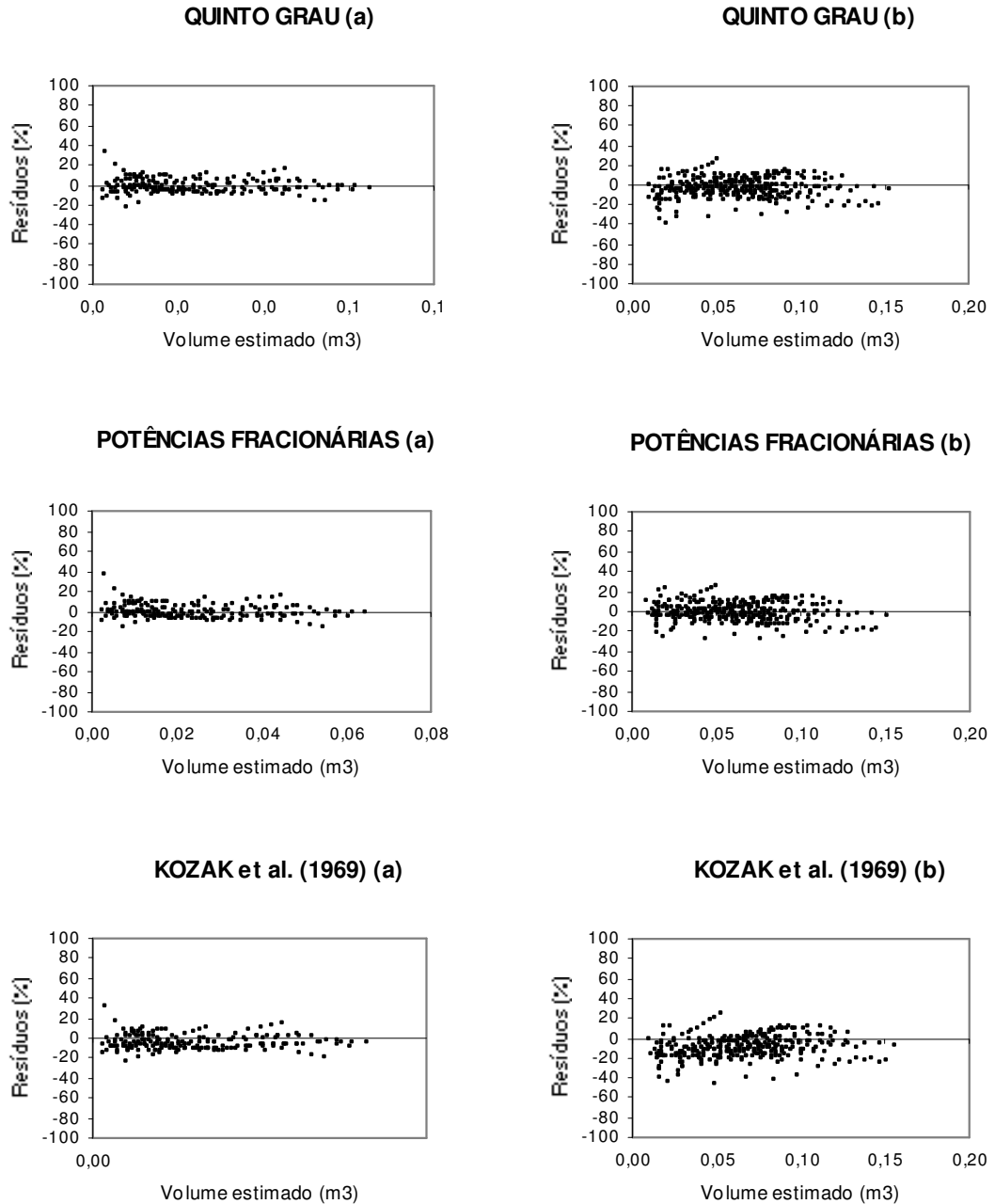


FIGURA A6 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 5 A 9,9 CM (A); E 10 A 14,9 CM (B) PARA OS T6RÊS MODELOS AJUSTADOS.

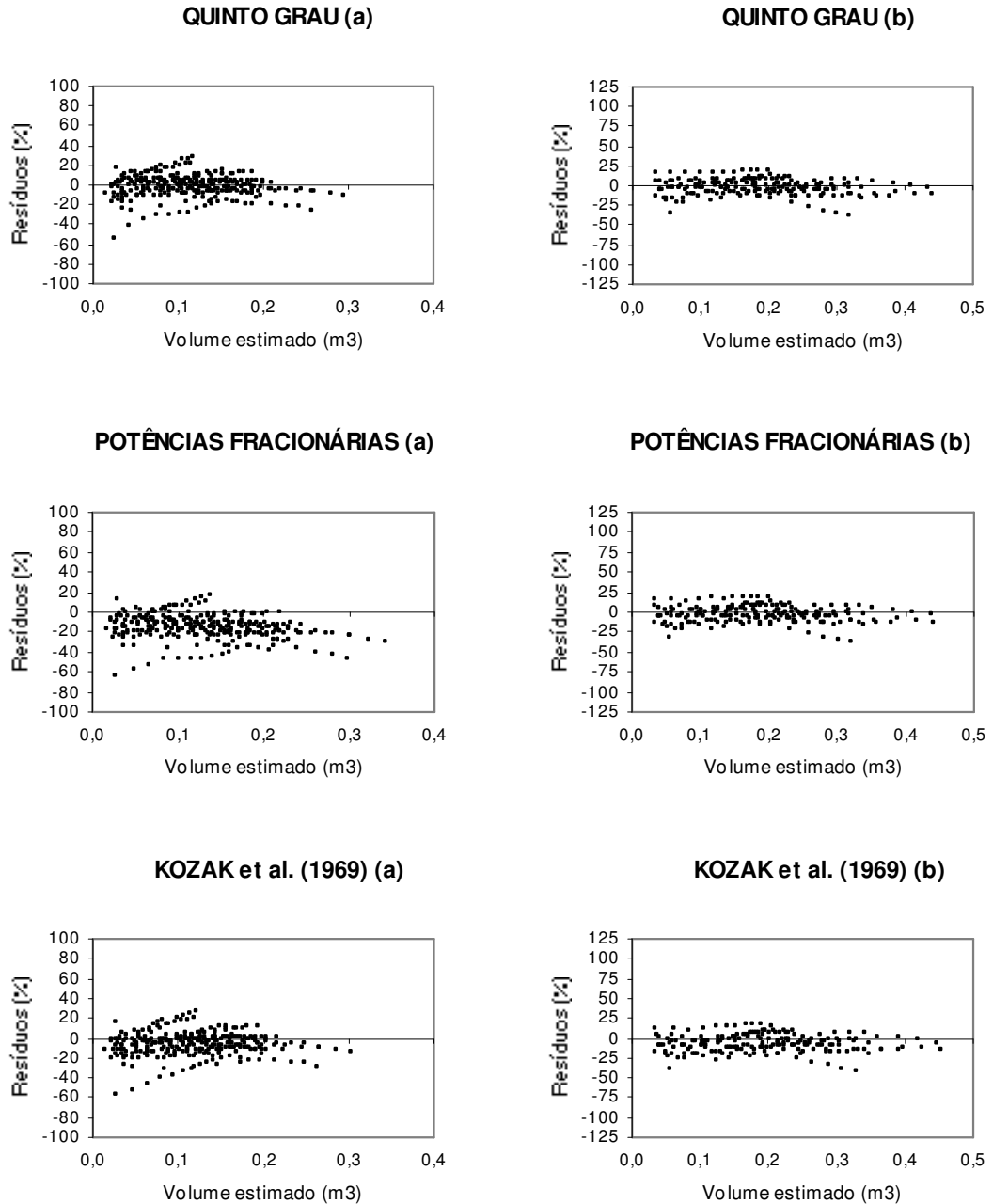


FIGURA A7 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS 15 A 19,9 CM (A); E 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

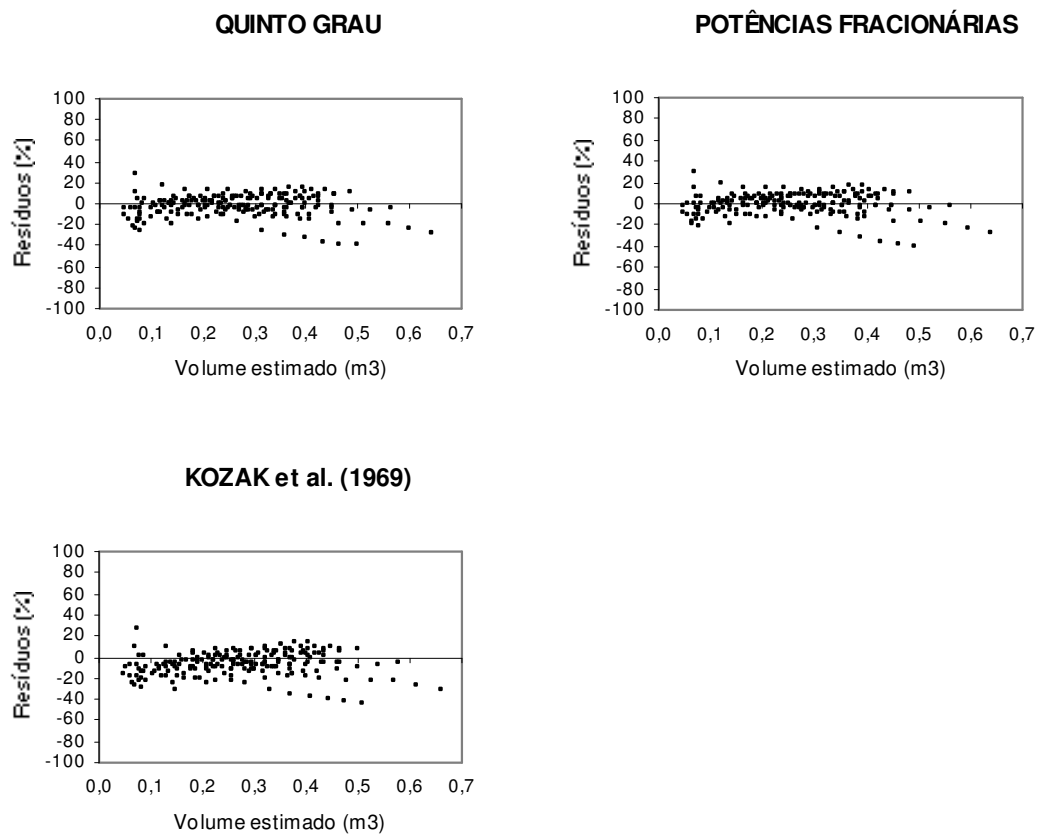


FIGURA A8 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME ESTIMADO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

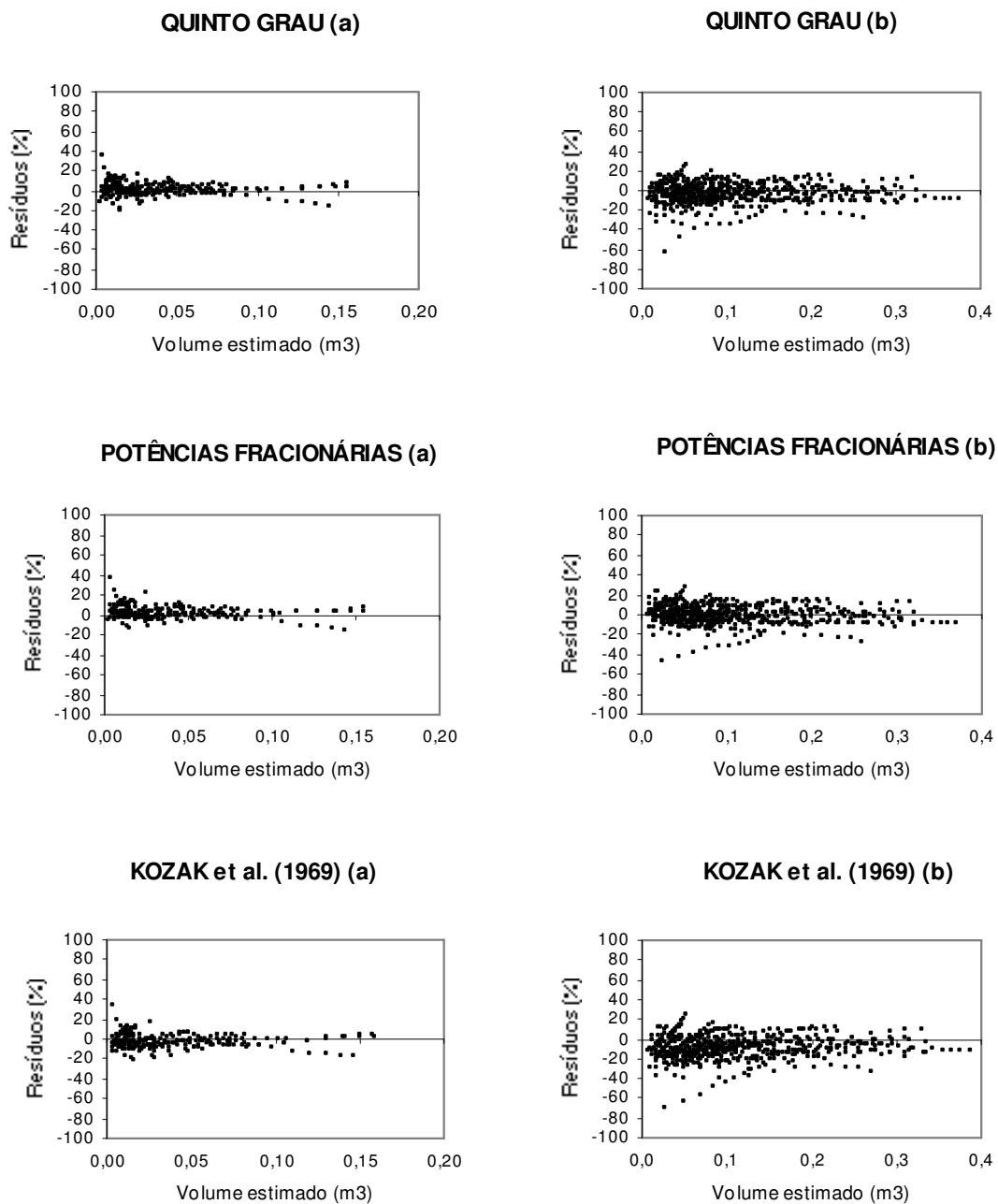


FIGURA A9 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME PARA AS CLASSES DE IDADES 6 A 9 ANOS (A); E 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS

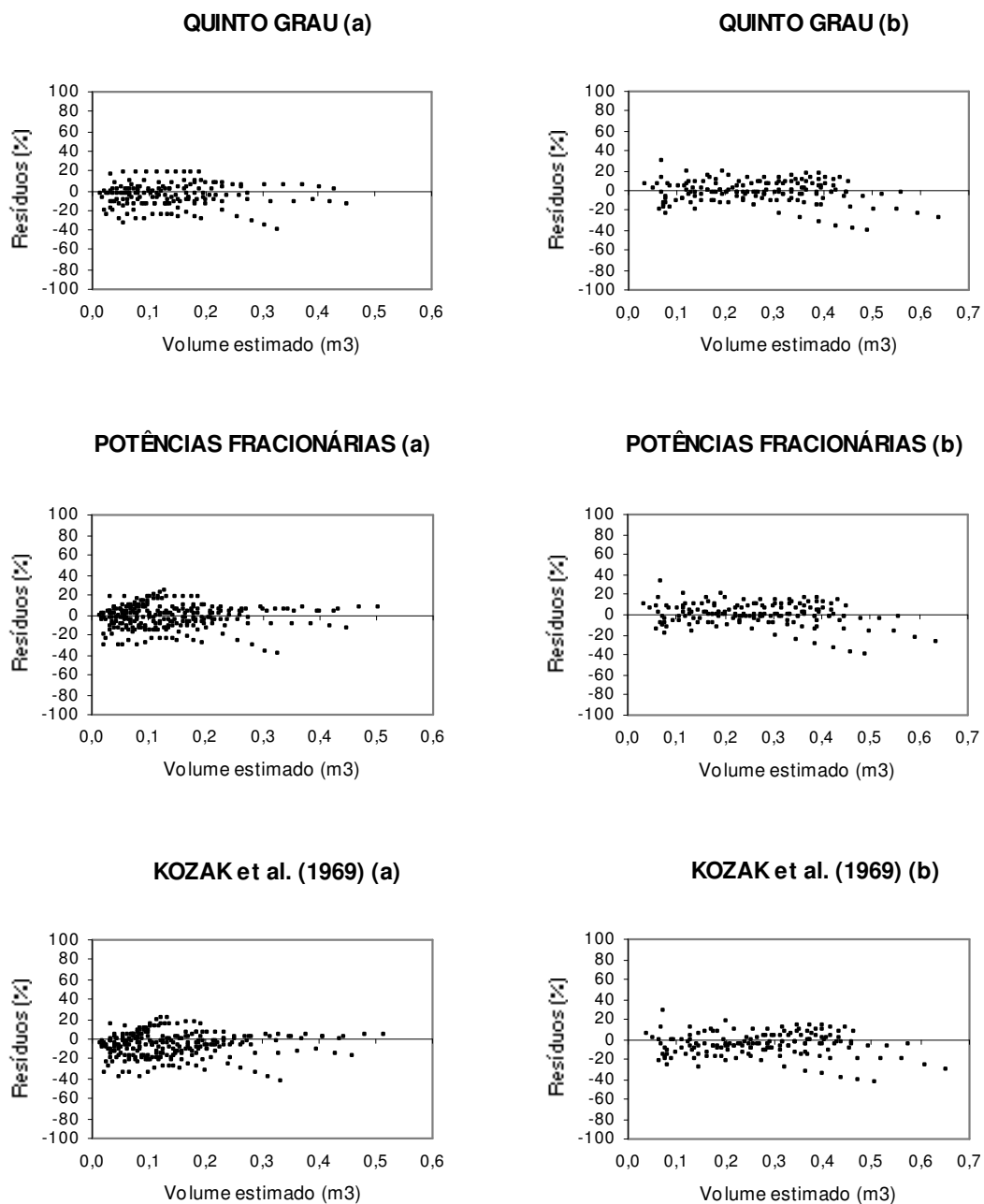


FIGURA A10 DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PORCENTAGEM EM FUNÇÃO DO VOLUME PARA AS CLASSES DE IDADES 13 A 15 ANOS (A); E 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

ANEXO B

TABELA B1 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA DE 5 A 9,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,055	-0,165	0,020	0,067	0,020	-0,084	-0,043	0,133	0,004	-0,050	0,001	0,054
	SQRR	0,143	0,086	0,020	0,040	0,037	0,054	0,037	0,118	0,213	0,292	0,526	0,670
	SD	10,092	9,307	8,368	7,896	7,590	7,279	6,900	6,456	5,990	5,549	5,153	4,963
	RP	0,759	-1,484	0,449	0,865	0,318	-1,363	-0,798	1,736	0,192	-0,711	-0,346	0,414
Hradetzky (1976)	D	-0,018	0,044	-0,102	-0,051	0,014	-0,007	0,039	0,159	-0,038	-0,113	-0,009	0,093
	SQRR	0,140	0,088	0,021	0,038	0,037	0,051	0,037	0,122	0,210	0,291	0,524	0,684
	SD	10,168	9,088	8,496	8,020	7,596	7,198	6,813	6,429	6,033	5,616	5,164	4,922
	RP	0,000	0,889	-1,069	-0,694	0,238	-0,254	0,461	2,166	-0,531	-1,895	-0,558	1,261
Kozak et al. (1969)	D	0,420	-0,257	-0,397	-0,249	-0,062	0,034	0,172	0,338	0,122	-0,061	-0,175	-0,231
	SQRR	0,196	0,092	0,057	0,055	0,037	0,052	0,050	0,172	0,232	0,291	0,518	0,649
	SD	9,709	9,403	8,805	8,228	7,676	7,156	6,674	6,241	5,866	5,561	5,338	5,262
	RP	4,732	-2,493	-4,542	-3,199	-0,810	0,342	2,557	5,248	2,315	-0,926	-3,806	-5,283

NOTAS

5° Grau	8	7	4	7	7	12	9	8	6	6	6	6
Hradetzky (1976)	6	5	8	5	5	5	7	7	8	10	8	8
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	12	7	8	9	10	8	10	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B2 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA 10 A 14,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,261	-0,606	0,321	0,199	-0,197	-0,107	0,045	-0,001	0,129	0,053	-0,210	0,151
	SQRR	0,948	0,153	0,084	0,095	0,122	0,113	0,157	0,197	0,356	0,521	1,008	1,563
	SD	16,682	14,761	12,807	12,139	11,820	11,405	10,793	10,084	9,434	8,909	8,342	5,082
	RP	1,864	-4,118	2,456	1,655	-1,696	-0,912	0,300	-0,064	1,311	0,317	-2,748	1,580
Hradetzky (1976)	D	-0,044	0,018	0,031	-0,044	-0,156	0,075	0,160	-0,040	0,017	0,028	-0,139	0,129
	SQRR	0,903	0,108	0,062	0,084	0,119	0,116	0,167	0,196	0,342	0,517	1,013	1,552
	SD	16,993	14,125	13,103	12,386	11,779	11,220	10,676	10,124	9,548	8,934	8,268	5,082
	RP	0,000	0,202	0,143	-0,372	-1,352	0,726	1,407	-0,456	0,098	0,034	-1,887	1,336
Kozak et al. (1969)	D	1,186	-0,998	-0,884	-0,612	-0,337	0,244	0,585	0,499	0,479	0,184	-0,553	-0,675
	SQRR	1,256	0,235	0,190	0,151	0,136	0,135	0,278	0,306	0,468	0,547	1,048	1,477
	SD	15,739	15,160	14,036	12,966	11,963	11,048	10,243	9,575	9,076	8,775	8,691	5,082
	RP	7,967	-6,643	-6,513	-4,825	-2,871	2,295	5,695	5,249	5,300	1,845	-6,658	-11,597

NOTAS

5° Grau	8	8	7	7	8	8	6	6	8	8	7	9
Hradetzky (1976)	6	4	5	5	4	6	8	8	6	6	5	6
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	12	10	10	10	10	10	12	9

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B3 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA 15 A 19,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,381	-0,728	0,317	0,194	-0,064	-0,190	-0,208	0,114	0,259	-0,057	-0,311	0,197
	SQRR	0,261	0,175	0,158	0,148	0,166	0,200	0,403	0,512	0,533	0,930	1,542	1,866
	SD	21,132	19,017	16,819	16,009	15,575	15,027	14,246	13,336	12,471	11,746	11,025	10,524
	RP	1,844	-3,885	2,014	1,296	-0,358	-1,095	-1,418	0,915	2,176	-0,492	-2,824	1,925
Hradetzky (1976)	D	-0,001	-0,176	0,045	0,047	0,115	0,116	-0,041	0,018	-0,009	-0,256	-0,268	0,311
	SQRR	0,242	0,141	0,141	0,141	0,172	0,208	0,406	0,503	0,497	0,913	1,548	1,925
	SD	21,522	18,454	17,095	16,159	15,392	14,714	14,075	13,434	12,743	11,948	10,981	10,408
	RP	0,000	-0,953	0,363	0,355	0,825	1,007	-0,224	0,178	-0,009	-2,180	-2,438	3,059
Kozak et al. (1969)	D	1,458	-1,082	-0,941	-0,664	-0,223	0,152	0,301	0,534	0,478	-0,083	-0,781	-0,715
	SQRR	0,444	0,222	0,207	0,175	0,168	0,211	0,443	0,599	0,587	0,927	1,536	1,687
	SD	20,034	19,378	18,102	16,884	15,737	14,678	13,727	12,908	12,247	11,772	11,505	11,455
	RP	7,427	-5,678	-5,219	-3,954	-1,384	1,256	2,311	4,263	4,042	-0,716	-6,882	-6,359

NOTAS

5° Grau	8	8	7	7	5	9	8	8	8	6	7	6
Hradetzky (1976)	6	4	5	5	8	6	6	6	6	10	8	8
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	11	9	10	10	10	8	9	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B4 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA 20 A 24,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,311	-0,732	0,394	0,031	0,029	-0,127	-0,461	0,173	0,370	-0,476	-0,105	-0,031
	SQRR	0,390	0,074	0,043	0,029	0,073	0,138	0,247	0,302	0,353	0,607	1,394	0,923
	SD	27,972	25,251	22,485	21,547	21,077	20,385	19,284	17,917	16,585	15,573	14,981	14,781
	RP	1,325	-2,857	1,816	0,219	0,231	-0,458	-2,051	1,293	2,652	-2,704	0,186	0,359
Hradetzky (1976)	D	0,482	-0,653	-0,343	-0,311	0,317	0,466	-0,015	0,194	0,002	-0,895	-0,125	0,263
	SQRR	0,399	0,071	0,039	0,032	0,080	0,160	0,251	0,303	0,324	0,618	1,390	0,974
	SD	27,796	25,170	23,242	21,900	20,781	19,775	18,825	17,896	16,962	16,003	15,001	14,480
	RP	1,965	-2,545	-1,502	-1,393	1,657	2,611	0,336	1,411	0,366	-5,321	0,053	2,448
Kozak et al. (1969)	D	1,582	-1,281	-1,240	-0,984	-0,004	0,495	0,281	0,613	0,342	-0,887	-0,746	-0,795
	SQRR	0,504	0,104	0,087	0,065	0,072	0,162	0,267	0,345	0,350	0,617	1,311	0,876
	SD	26,666	25,816	24,165	22,591	21,110	19,745	18,520	17,465	16,613	15,995	15,640	15,567
	RP	6,287	-4,983	-5,263	-4,409	0,071	2,765	1,987	3,912	2,478	-5,273	-4,033	-4,708

NOTAS

5° Grau	6	8	7	4	7	6	10	6	9	4	7	6
Hradetzky (1976)	8	4	5	8	10	8	6	8	6	12	7	8
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	7	10	8	10	9	8	10	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B5 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA ≥ 25 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,436	-0,724	0,211	0,346	0,191	-0,393	-0,442	0,204	0,672	-0,223	-0,474	0,344
	SQRR	0,258	0,100	0,022	0,041	0,138	0,188	0,206	0,289	0,349	0,532	0,507	0,493
	SD	34,901	30,568	27,504	26,190	25,418	24,356	22,894	21,351	20,174	19,643	19,572	19,450
	RP	0,144	-2,598	0,719	1,219	0,937	-1,531	-2,074	0,829	3,214	-1,149	-2,459	1,715
Hradetzky (1976)	D	-0,193	-0,155	-0,144	0,405	0,818	0,309	-0,193	-0,178	-0,064	-0,745	-0,387	0,637
	SQRR	0,246	0,090	0,021	0,042	0,169	0,199	0,203	0,279	0,306	0,531	0,508	0,524
	SD	35,549	29,967	27,870	26,129	24,772	23,633	22,637	21,745	20,932	20,181	19,482	19,149
	RP	-1,710	-0,643	-0,603	1,455	3,569	1,481	-0,963	-0,999	-0,523	-3,786	-2,009	3,316
Kozak et al. (1969)	D	2,093	-1,425	-1,839	-0,833	0,230	0,360	0,359	0,636	0,693	-0,428	-0,920	-0,477
	SQRR	0,367	0,130	0,101	0,056	0,139	0,201	0,217	0,317	0,351	0,528	0,517	0,460
	SD	33,194	31,310	29,616	27,406	25,378	23,580	22,069	20,906	20,152	19,854	20,031	20,296
	RP	5,026	-4,904	-6,463	-3,270	1,098	1,707	1,586	2,972	3,324	-2,200	-4,696	-2,523

NOTAS

5° Grau	7	8	7	5	6	9	11	7	8	6	7	6
Hradetzky (1976)	7	4	5	7	10	6	5	7	6	11	5	10
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	8	9	8	10	10	7	12	8

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B6 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 6 A 9 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,036	-0,302	-0,018	-0,031	-0,156	-0,164	-0,062	-0,796	0,008	-0,067	-0,062	0,065
	SQRR	0,174	0,166	0,086	0,109	0,113	0,086	0,120	0,137	0,153	0,294	0,458	0,550
	SD	13,418	12,365	11,092	10,434	9,993	9,556	9,045	8,469	7,874	7,297	6,715	6,387
	RP	0,842	-1,726	0,744	0,811	-0,226	-1,039	0,022	0,411	0,713	-0,374	-0,861	0,654
Hradetzky (1976)	D	-0,068	-0,025	-0,159	-0,175	-0,171	-0,085	0,022	-0,186	-0,028	-0,113	-0,063	0,086
	SQRR	0,169	0,169	0,083	0,105	0,113	0,085	0,125	0,139	0,150	0,293	0,458	0,555
	SD	13,531	12,063	11,246	10,590	10,009	9,470	8,953	8,441	7,913	7,348	6,716	6,364
	RP	0,000	0,032	-0,579	-0,679	-0,384	-0,137	1,049	0,741	0,206	-1,067	-0,870	1,018
Kozak et al. (1969)	D	0,502	-0,421	-0,557	-0,452	-0,290	-0,045	0,195	5,792	0,211	-0,007	-0,256	-0,332
	SQRR	0,241	0,174	0,120	0,127	0,116	0,086	0,153	0,187	0,192	0,300	0,465	0,560
	SD	12,911	12,495	11,680	10,892	10,139	9,426	8,766	8,169	7,653	7,232	6,926	6,820
	RP	4,809	-3,544	-4,120	-3,435	-1,657	0,327	3,213	4,090	3,622	0,514	-3,876	-5,732

NOTAS

5° Grau	7	7	6	6	5	12	7	7	7	7	5	5
Hradetzky (1976)	7	5	6	6	7	6	7	7	7	10	7	7
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	12	6	10	10	10	7	12	12

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B7 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 10 A 12 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,273	-0,844	0,395	0,188	-0,012	-0,084	-0,223	-0,007	0,179	-0,091	-0,454	0,192
	SQRR	1,139	0,267	0,146	0,142	0,183	0,237	0,469	0,625	0,799	1,394	2,189	3,172
	SD	21,642	19,046	16,557	15,851	15,549	15,002	14,082	12,971	11,953	11,203	10,579	10,131
	RP	1,965	-4,304	2,531	1,149	-0,611	-0,878	-1,278	0,642	2,164	0,049	-3,590	2,302
Hradetzky (1976)	D	-0,133	-0,059	-0,013	-0,070	0,141	0,209	-0,122	-0,198	-0,080	-0,022	-0,122	-0,023
	SQRR	1,075	0,181	0,105	0,131	0,186	0,250	0,469	0,608	0,739	1,415	2,265	3,008
	SD	22,068	18,222	16,984	16,121	15,388	14,695	13,976	13,171	12,224	11,130	10,230	10,356
	RP	0,000	0,021	-0,052	-0,545	0,426	1,193	-0,529	-0,887	-0,105	0,704	-0,304	0,080
Kozak et al. (1969)	D	1,517	-1,386	-1,177	-0,771	-0,045	0,482	0,468	0,480	0,371	-0,155	-0,896	-0,665
	SQRR	1,663	0,431	0,342	0,250	0,184	0,308	0,603	0,800	0,884	1,379	2,264	2,852
	SD	20,338	19,614	18,204	16,856	15,584	14,409	13,357	12,460	11,752	11,270	11,042	11,029
	RP	8,504	-7,076	-6,751	-4,880	-0,832	3,204	4,079	4,770	3,910	-0,540	-7,631	-6,032

NOTAS

5° Grau	7	8	7	7	6	6	9	6	8	7	7	8
Hradetzky (1976)	7	4	5	5	8	8	5	8	6	8	6	6
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	10	10	10	10	10	9	11	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B8 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 13 A 15 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,614	-0,571	0,232	0,250	0,150	-0,276	-0,226	0,133	0,388	-0,130	-0,355	0,222
	SQRR	0,445	0,096	0,079	0,069	0,130	0,150	0,304	0,396	0,410	0,584	0,626	0,803
	SD	24,419	22,355	20,036	19,026	18,457	17,879	17,148	16,314	15,512	14,849	14,290	13,973
	RP	1,519	-3,028	1,164	1,328	0,293	-1,524	-1,321	0,806	2,279	-0,789	-2,216	1,530
Hradetzky (1976)	D	0,564	-0,387	-0,178	-0,014	0,244	0,045	0,096	0,297	0,378	-0,221	-0,459	0,065
	SQRR	0,441	0,086	0,075	0,062	0,133	0,150	0,313	0,412	0,409	0,581	0,627	0,779
	SD	24,471	22,161	20,469	19,305	18,358	17,540	16,808	16,141	15,523	14,945	14,400	14,138
	RP	1,302	-2,175	-0,976	-0,134	0,833	0,382	0,673	1,890	2,211	-1,426	-2,965	0,345
Kozak et al. (1969)	D	1,565	-0,879	-0,933	-0,610	-0,082	-0,003	0,270	0,591	0,652	-0,140	-0,766	-0,513
	SQRR	0,567	0,121	0,124	0,087	0,130	0,149	0,327	0,458	0,456	0,584	0,646	0,753
	SD	23,414	22,681	21,266	19,934	18,702	17,591	16,624	15,829	15,233	14,859	14,724	14,749
	RP	5,876	-4,418	-4,688	-3,289	-1,021	0,090	1,786	3,892	4,155	-0,856	-5,102	-3,810

NOTAS

5° Grau	8	8	7	7	7	12	8	6	8	6	4	8
Hradetzky (1976)	6	4	5	5	9	7	6	8	6	10	8	6
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	8	5	10	10	10	8	12	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA B9 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 16 A 19 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)											
MODELO	ESTAT.	0	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	100
5° Grau	D	0,196	-0,519	0,160	0,316	-0,090	-0,293	-0,370	0,390	0,350	-0,726	0,301	-0,029
	SQRR	0,201	0,088	0,023	0,034	0,122	0,223	0,137	0,182	0,242	0,404	1,057	0,590
	SD	33,696	30,515	27,028	25,522	24,592	23,582	22,365	21,131	20,172	19,666	19,463	19,286
	RP	0,855	-1,739	0,595	0,739	-0,228	-0,900	-1,627	2,168	1,996	-4,032	2,678	-0,907
Hradetzky (1976)	D	-0,415	0,252	0,028	0,297	0,215	0,063	-0,291	0,083	-0,150	-1,039	0,420	0,219
	SQRR	0,195	0,089	0,022	0,034	0,127	0,230	0,137	0,170	0,224	0,416	1,077	0,605
	SD	34,331	29,714	27,166	25,542	24,275	23,212	22,283	21,450	20,692	19,991	19,339	19,028
	RP	-1,011	0,909	0,085	0,690	1,072	0,678	-1,265	0,648	-0,563	-5,593	3,337	0,434
Kozak et al. (1969)	D	1,582	-1,053	-1,539	-0,792	-0,235	0,216	0,309	0,880	0,518	-0,878	-0,325	-1,126
	SQRR	0,265	0,100	0,069	0,045	0,121	0,235	0,146	0,218	0,253	0,409	0,980	0,591
	SD	32,254	31,070	28,795	26,673	24,743	23,052	21,659	20,622	19,997	19,824	20,113	20,427
	RP	5,361	-3,495	-5,577	-1,949	-0,836	1,376	1,580	4,691	2,889	-4,795	-0,642	-6,443

NOTAS

5° Grau	6	7	7	7	6	9	11	8	8	5	7	6
Hradetzky (1976)	8	5	5	5	9	7	5	6	6	12	10	7
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	9	8	8	10	10	7	7	11

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual

ANEXO C

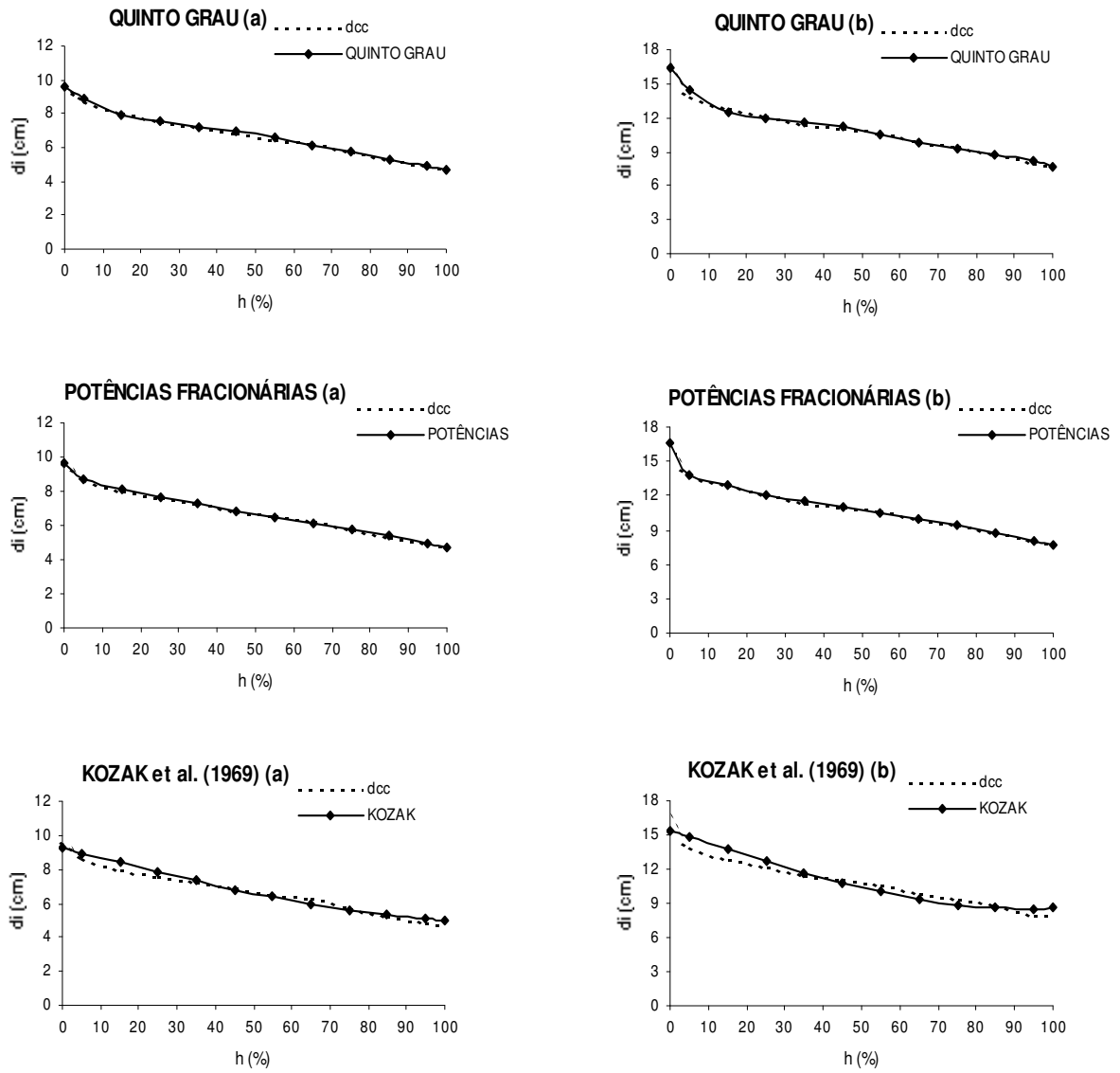


FIGURA C1 PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 5 A 9,9 CM (A); E DE 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

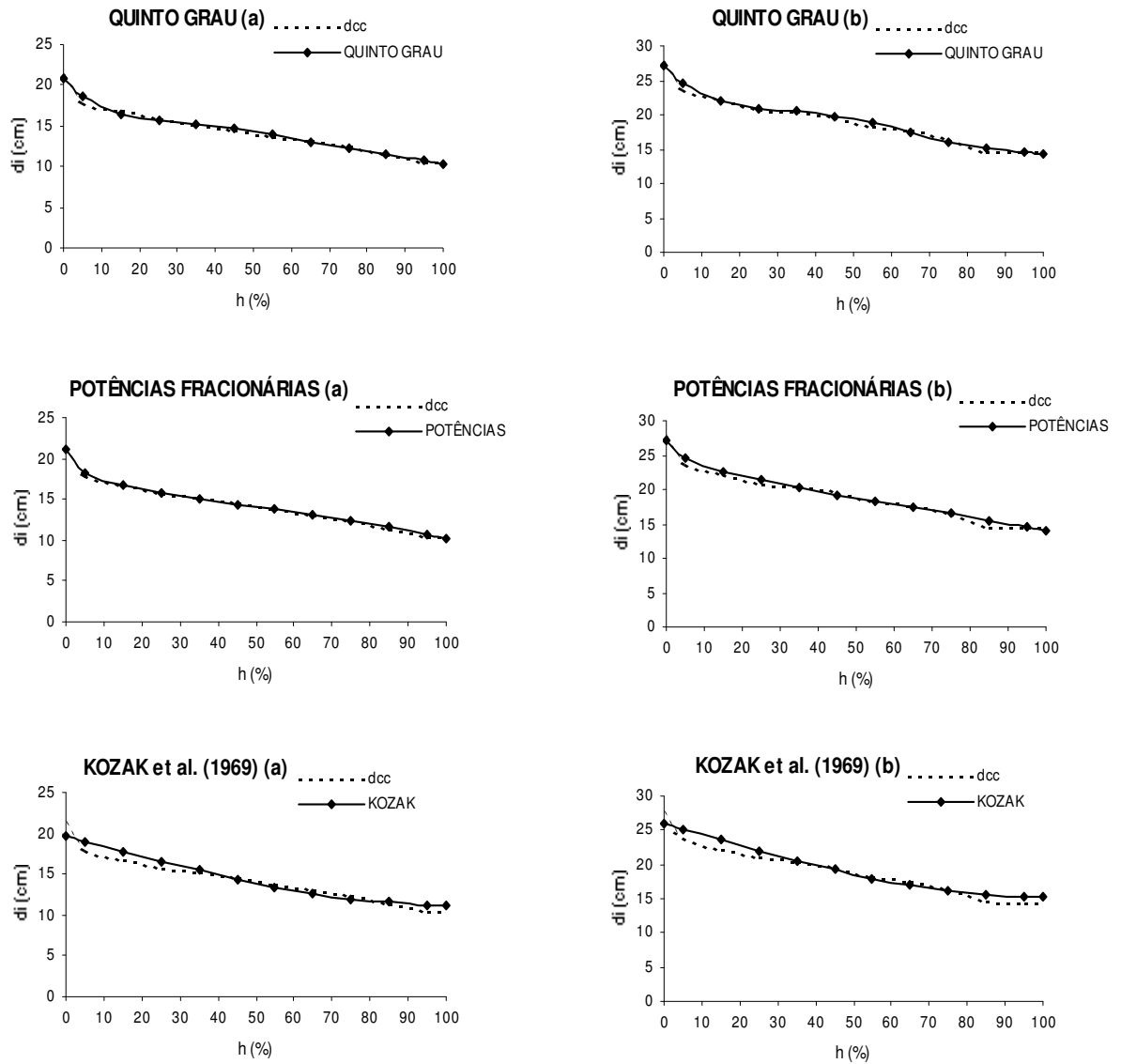


FIGURA C2 PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 15 A 19,9 CM (A); E DE 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

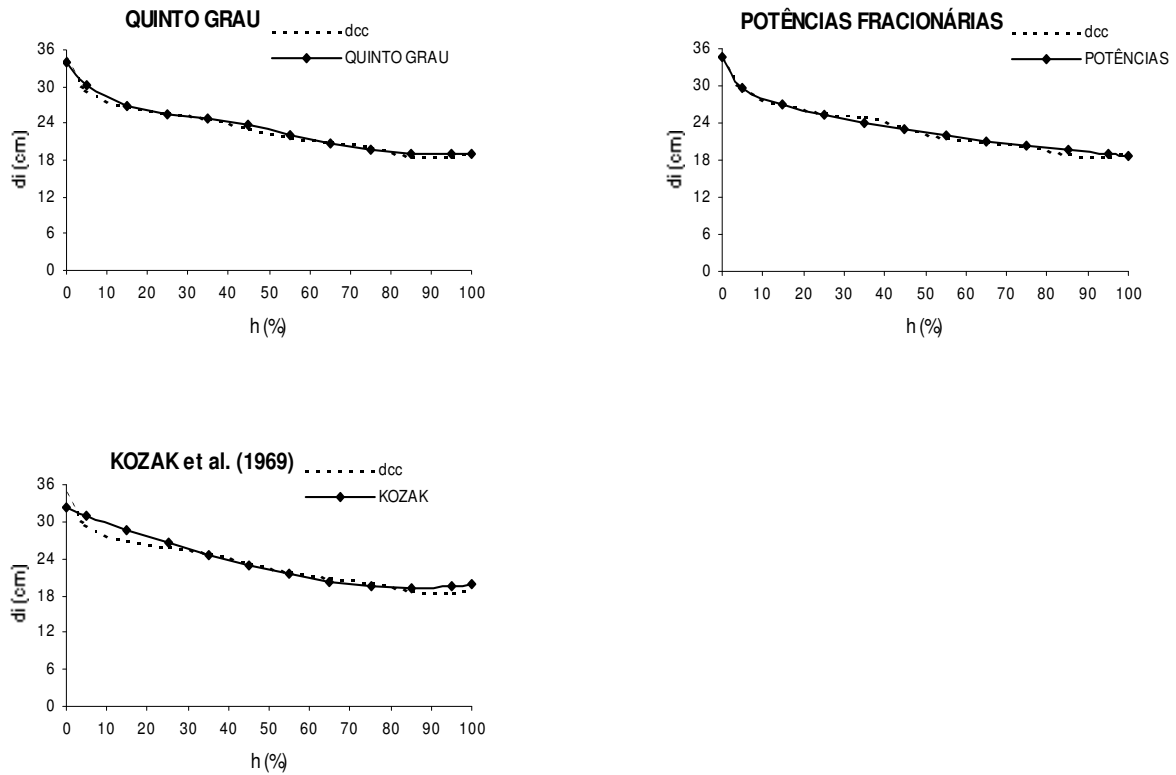


FIGURA C3 PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

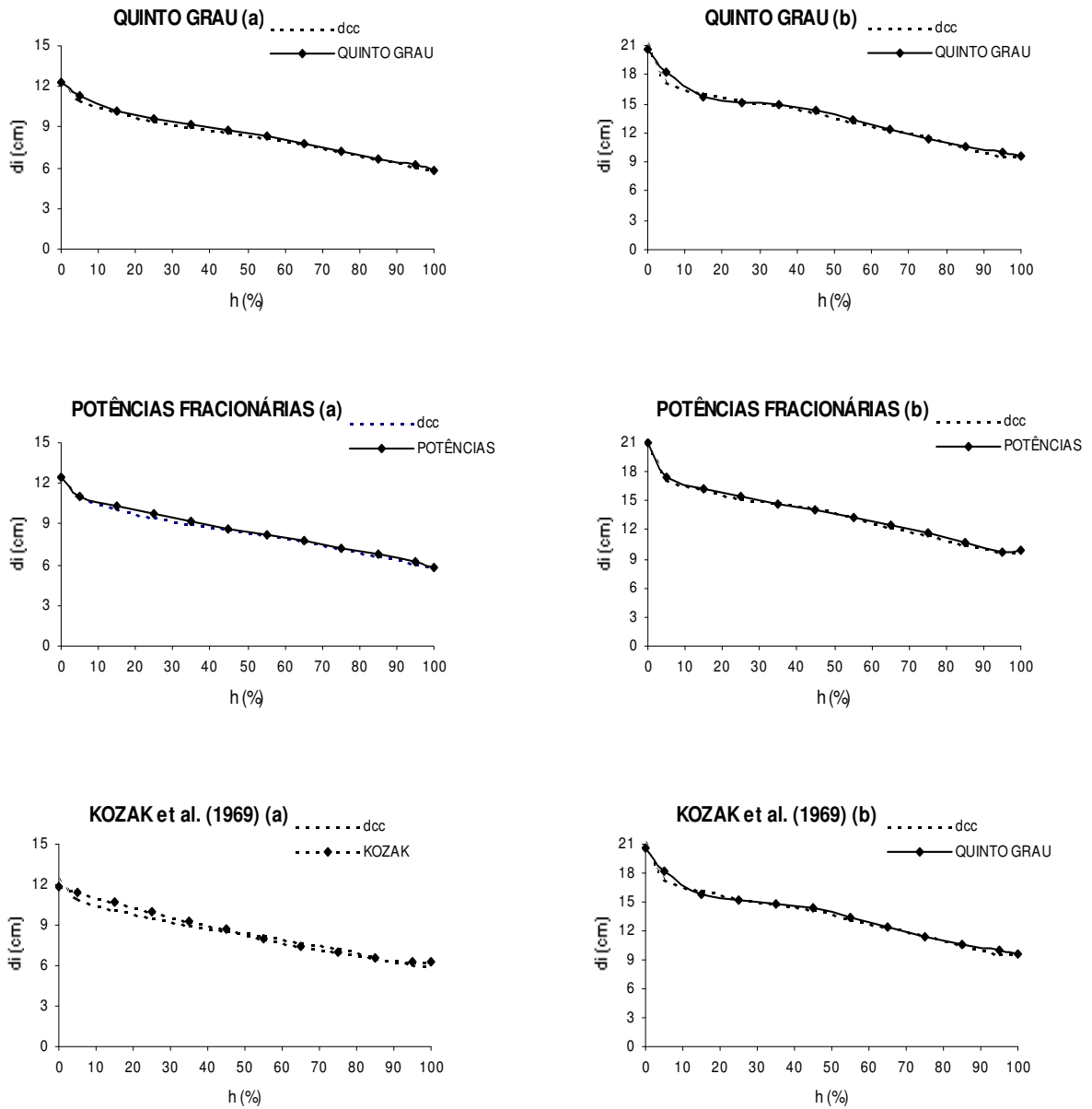


FIGURA C4 PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADES DE 6 A 9 ANOS (A); E DE 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

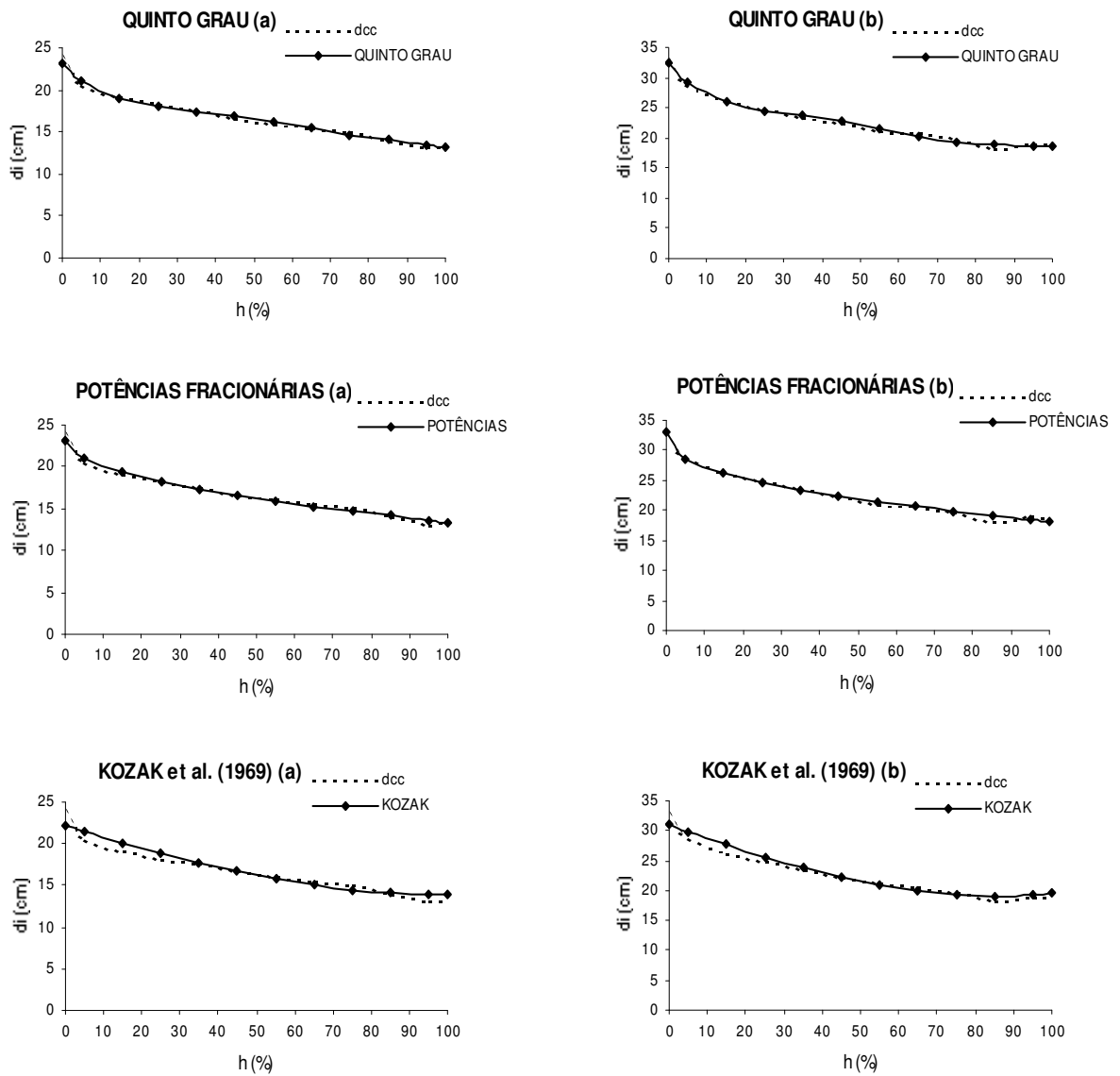


FIGURA C5 PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADES DE 13 A 15 ANOS (A); E DE 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

ANEXO D

TABELA D1 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA DE 5 A 9,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SQRR	0,390	0,130	0,067	0,052	0,053	0,055	0,069	0,085	0,104	0,140
	SD	0,007	0,012	0,017	0,022	0,026	0,030	0,033	0,036	0,038	0,041
	RP	-3,501	-1,708	-0,748	-0,403	-0,723	-0,799	-0,307	-0,179	-0,169	-0,055
Hradetzky (1976)	D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SQRR	0,412	0,129	0,067	0,052	0,053	0,054	0,070	0,087	0,105	0,141
	SD	0,007	0,012	0,017	0,022	0,026	0,030	0,033	0,036	0,038	0,040
	RP	1,649	-0,110	-0,469	-0,226	-0,237	-0,070	0,436	0,397	0,222	0,298
Kozak et al. (1969)	D	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001
	SQRR	0,398	0,194	0,138	0,103	0,087	0,072	0,074	0,087	0,106	0,141
	SD	0,007	0,013	0,018	0,023	0,027	0,031	0,034	0,037	0,039	0,041
	RP	-4,549	-6,552	-6,441	-5,445	-4,504	-3,382	-2,045	-1,467	-1,403	-1,602

NOTAS

5° Grau	7	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6
Hradetzky (1976)	6	4	4	4	4	4	4	6	6	6	7
Kozak et al. (1969)	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D2 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA 10 A 14,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002
	SQRR	0,650	0,254	0,212	0,220	0,227	0,239	0,266	0,300	0,348	0,420
	SD	0,018	0,031	0,043	0,054	0,064	0,074	0,082	0,089	0,095	0,101
	RP	-9,541	-3,647	-1,703	-1,961	-1,861	-1,482	-1,287	-0,904	-0,697	-0,760
Hradetzky (1976)	D	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001
	SQRR	0,435	0,228	0,209	0,215	0,223	0,240	0,268	0,305	0,354	0,427
	SD	0,016	0,030	0,042	0,053	0,063	0,073	0,081	0,088	0,094	0,100
	RP	-0,495	-0,136	-0,257	-0,702	-0,309	0,148	0,110	0,199	0,298	0,250
Kozak et al. (1969)	D	-0,002	-0,004	-0,005	-0,006	-0,006	-0,005	-0,004	-0,004	-0,003	-0,004
	SQRR	0,846	0,679	0,597	0,522	0,408	0,328	0,310	0,319	0,357	0,431
	SD	0,018	0,034	0,048	0,059	0,069	0,077	0,085	0,091	0,097	0,103
	RP	-12,614	-12,563	-11,632	-10,428	-8,257	-6,044	-4,542	-3,356	-2,815	-3,250

NOTAS

5° Grau	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
Hradetzky (1976)	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Kozak et al. (1969)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D3 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA 15 A 19,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001
	SQRR	0,467	0,241	0,218	0,208	0,217	0,258	0,324	0,386	0,468	0,576
	SD	0,031	0,055	0,077	0,097	0,116	0,133	0,148	0,161	0,173	0,183
	RP	-7,411	-1,861	-0,113	0,217	0,180	0,147	0,585	1,142	1,300	1,299
Hradetzky (1976)	D	-0,004	-0,007	-0,010	-0,013	-0,016	-0,019	-0,021	-0,024	-0,027	-0,030
	SQRR	0,778	0,612	0,584	0,562	0,565	0,612	0,671	0,725	0,811	0,910
	SD	0,033	0,061	0,087	0,110	0,132	0,151	0,169	0,186	0,200	0,213
	RP	-13,229	-12,134	-11,951	-11,761	-11,691	-11,928	-12,100	-12,294	-12,688	-12,979
Kozak et al. (1969)	D	-0,003	-0,005	-0,007	-0,007	-0,007	-0,006	-0,005	-0,004	-0,004	-0,006
	SQRR	0,554	0,434	0,378	0,310	0,268	0,277	0,319	0,369	0,445	0,547
	SD	0,032	0,059	0,083	0,104	0,122	0,138	0,152	0,165	0,177	0,188
	RP	-9,468	-9,017	-8,181	-6,694	-5,023	-3,588	-2,204	-1,158	-0,889	-1,278
NOTAS											
5° Grau		4	4	4	4	4	4	5	5	6	6
Hradetzky (1976)		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Kozak et al. (1969)		8	8	8	8	8	8	7	7	6	6

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D4 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA 20 A 24,9 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,004	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004	-0,005	-0,005	-0,004	-0,005	-0,005
	SQRR	0,306	0,156	0,128	0,122	0,141	0,167	0,197	0,216	0,233	0,302
	SD	0,050	0,089	0,125	0,159	0,191	0,220	0,245	0,266	0,285	0,302
	RP	-6,784	-2,435	-1,609	-1,072	-0,898	-1,149	-0,622	-0,028	-0,197	0,226
Hradetzky (1976)	D	-0,003	-0,005	-0,006	-0,005	-0,004	-0,004	-0,004	-0,004	-0,006	-0,006
	SQRR	0,289	0,181	0,150	0,129	0,141	0,166	0,198	0,216	0,232	0,300
	SD	0,050	0,091	0,128	0,162	0,192	0,219	0,244	0,266	0,286	0,303
	RP	-5,948	-4,622	-4,068	-2,483	-1,148	-0,772	-0,253	-0,040	-0,558	-0,124
Kozak et al. (1969)	D	-0,005	-0,010	-0,014	-0,014	-0,012	-0,012	-0,010	-0,009	-0,011	-0,013
	SQRR	0,382	0,315	0,282	0,216	0,185	0,189	0,204	0,216	0,235	0,298
	SD	0,051	0,097	0,136	0,170	0,201	0,227	0,251	0,272	0,292	0,311
	RP	-9,494	-9,798	-9,439	-7,447	-5,391	-4,156	-2,879	-2,139	-2,508	-2,457

NOTAS

5° Grau	8	4	4	4	4	8	7	5	5	7
Hradetzky (1976)	4	8	8	8	8	4	5	7	7	7
Kozak et al. (1969)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D5 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DIAMÉTRICA ≥ 25 CM.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,005	-0,004	-0,003	-0,003	-0,005	-0,006	-0,006	-0,003	-0,004	-0,004
	SQRR	0,432	0,143	0,091	0,107	0,133	0,155	0,176	0,212	0,245	0,267
	SD	0,074	0,128	0,181	0,229	0,273	0,312	0,346	0,376	0,405	0,433
	RP	-8,511	-3,249	-1,641	-0,734	-0,933	-1,206	-0,796	-0,096	-0,069	-0,202
Hradetzky (1976)	D	-0,002	-0,003	-0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	-0,002	-0,002
	SQRR	0,394	0,134	0,089	0,112	0,142	0,162	0,183	0,218	0,248	0,270
	SD	0,071	0,127	0,179	0,225	0,266	0,305	0,340	0,372	0,402	0,431
	RP	-4,596	-2,196	-0,740	1,011	1,462	1,156	0,973	0,924	0,485	0,353
Kozak et al. (1969)	D	-0,007	-0,014	-0,018	-0,018	-0,017	-0,016	-0,014	-0,012	-0,013	-0,015
	SQRR	0,506	0,335	0,253	0,194	0,179	0,180	0,188	0,214	0,245	0,268
	SD	0,076	0,139	0,197	0,245	0,286	0,322	0,355	0,385	0,414	0,444
	RP	-11,978	-10,738	-9,496	-7,099	-5,456	-4,384	-3,310	-2,408	-2,376	-2,686

NOTAS

5° Grau	8	8	8	6	6	7	6	6	7	6
Hradetzky (1976)	4	4	4	6	6	5	6	7	7	7
Kozak et al. (1969)	12	12	12	12	12	12	12	11	10	11

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D6 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 6 A 9 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	SQRR	0,462	0,169	0,094	0,071	0,062	0,060	0,075	0,079	0,088	0,108
	SD	0,013	0,024	0,033	0,041	0,049	0,056	0,062	0,067	0,072	0,076
	RP	-1,946	0,420	1,348	1,472	1,236	1,375	1,477	1,641	1,659	1,672
Hradetzky (1976)	D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	SQRR	0,532	0,187	0,099	0,074	0,066	0,067	0,083	0,085	0,092	0,113
	SD	0,012	0,023	0,033	0,041	0,049	0,055	0,062	0,067	0,071	0,075
	RP	3,447	1,597	1,839	1,785	1,774	2,095	2,194	2,226	2,121	2,107
Kozak et al. (1969)	D	0,000	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001
	SQRR	0,464	0,201	0,129	0,095	0,074	0,059	0,068	0,071	0,080	0,099
	SD	0,013	0,025	0,035	0,044	0,051	0,058	0,063	0,068	0,073	0,077
	RP	-3,045	-5,498	-4,642	-3,914	-2,949	-1,617	-0,584	0,156	0,371	0,115

NOTAS

5° Grau	6	5	5	5	5	6	7	7	7	7
Hradetzky (1976)	8	7	7	7	7	9	9	9	10	10
Kozak et al. (1969)	10	12	12	12	12	9	8	8	7	7

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D7 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 10 A 12 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,003	-0,003	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,004
	SQRR	1,144	0,432	0,352	0,343	0,374	0,422	0,469	0,525	0,622	0,751
	SD	0,034	0,059	0,082	0,104	0,124	0,142	0,158	0,171	0,182	0,192
	RP	-10,069	-3,902	-2,149	-1,851	-1,731	-1,720	-1,323	-0,806	-0,600	-0,719
Hradetzky (1976)	D	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002
	SQRR	0,716	0,375	0,339	0,335	0,373	0,422	0,474	0,533	0,634	0,768
	SD	0,031	0,057	0,081	0,102	0,122	0,140	0,155	0,169	0,180	0,190
	RP	-0,775	-0,464	-0,603	-0,232	0,265	0,207	0,131	0,209	0,436	0,510
Kozak et al. (1969)	D	-0,005	-0,008	-0,010	-0,010	-0,009	-0,008	-0,007	-0,007	-0,007	-0,009
	SQRR	1,537	1,243	1,071	0,826	0,635	0,557	0,535	0,557	0,642	0,775
	SD	0,035	0,065	0,091	0,113	0,132	0,149	0,163	0,175	0,187	0,198
	RP	-13,425	-13,203	-12,119	-10,030	-7,615	-5,784	-4,339	-3,363	-3,079	-3,542

NOTAS

5° Grau	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7
Hradetzky (1976)	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Kozak et al. (1969)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D8 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 13 A 15 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	-0,002	-0,003	-0,002	-0,001	-0,002	-0,003
	SQRR	0,386	0,238	0,213	0,235	0,237	0,268	0,323	0,369	0,411	0,468
	SD	0,040	0,071	0,100	0,127	0,152	0,175	0,196	0,215	0,232	0,248
	RP	-6,766	-2,877	-1,286	-0,775	-1,039	-1,098	-0,645	-0,060	-0,014	-0,138
Hradetzky (1976)	D	-0,002	-0,002	-0,003	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002
	SQRR	0,347	0,249	0,222	0,236	0,238	0,268	0,326	0,374	0,414	0,470
	SD	0,039	0,072	0,101	0,128	0,152	0,174	0,195	0,214	0,231	0,247
	RP	-5,235	-3,722	-2,692	-1,691	-1,213	-0,746	-0,103	0,431	0,347	0,092
Kozak et al. (1969)	D	-0,003	-0,006	-0,008	-0,008	-0,008	-0,008	-0,006	-0,005	-0,005	-0,007
	SQRR	0,443	0,386	0,347	0,322	0,295	0,296	0,330	0,365	0,405	0,461
	SD	0,040	0,076	0,107	0,135	0,159	0,181	0,200	0,219	0,236	0,253
	RP	-8,425	-8,674	-7,987	-6,689	-5,566	-4,330	-2,979	-1,903	-1,734	-2,146

NOTAS

5° Grau	8	4	4	4	4	4	7	7	7	7	8
Hradetzky (1976)	4	8	8	8	8	8	5	5	7	7	6
Kozak et al. (1969)	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

TABELA D9 ESTATÍSTICAS DOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A ESTIMATIVA DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *Mimosa scabrella*, NA CLASSE DE IDADE 16 A 19 ANOS.

		ALTURAS RELATIVAS DE MEDIÇÃO (%)									
MODELO	ESTAT.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5° Grau	D	-0,004	-0,004	-0,003	-0,003	-0,004	-0,006	-0,004	-0,004	-0,006	-0,005
	SQRR	0,376	0,130	0,087	0,090	0,125	0,143	0,170	0,201	0,214	0,283
	SD	0,074	0,132	0,184	0,232	0,275	0,315	0,350	0,382	0,413	0,443
	RP	-4,302	-2,111	-0,840	-0,370	-0,561	-0,792	-0,169	0,284	-0,152	0,670
Hradetzky (1976)	D	-0,001	-0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	-0,001	-0,004	-0,003
	SQRR	0,381	0,129	0,090	0,095	0,133	0,149	0,177	0,206	0,217	0,288
	SD	0,071	0,129	0,181	0,227	0,270	0,309	0,345	0,379	0,411	0,440
	RP	0,362	0,221	0,819	0,758	1,467	1,063	1,202	1,110	0,369	1,236
Kozak et al. (1969)	D	-0,005	-0,012	-0,016	-0,017	-0,016	-0,015	-0,013	-0,011	-0,014	-0,015
	SQRR	0,404	0,222	0,171	0,146	0,153	0,158	0,172	0,197	0,213	0,273
	SD	0,076	0,142	0,198	0,246	0,288	0,325	0,359	0,390	0,421	0,453
	RP	-6,441	-8,457	-7,803	-3,984	-4,938	-3,931	-2,575	-1,788	-2,188	-1,707

NOTAS

5° Grau	7	8	7	6	6	6	6	7	7	7
Hradetzky (1976)	5	4	5	6	6	6	7	7	7	7
Kozak et al. (1969)	12	12	12	12	12	12	11	10	10	10

SENDO: D = desvio; SQRR = soma de quadrados dos resíduos relativos, SD = desvio padrão das diferenças e RP = resíduo percentual.

ANEXO E

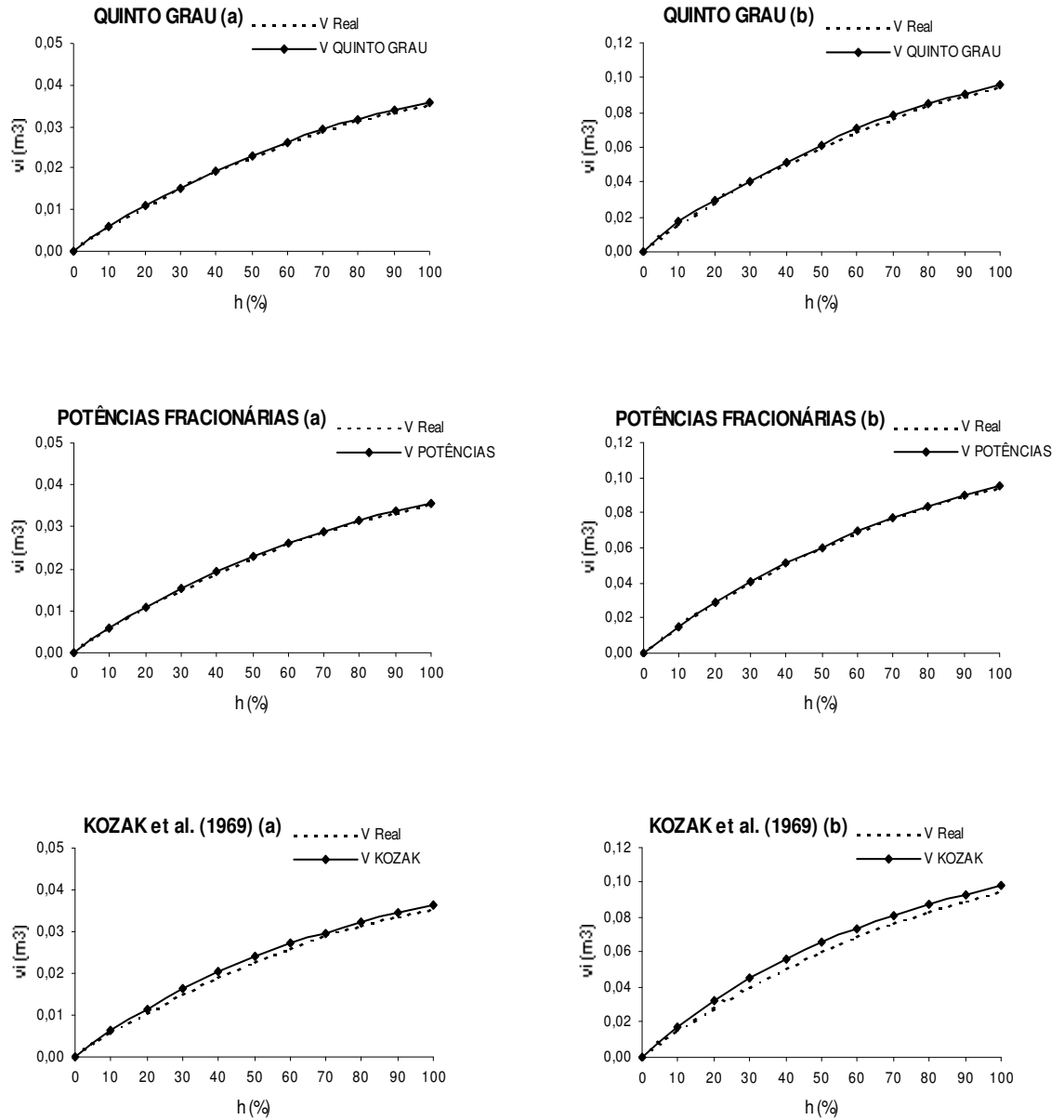


FIGURA E1 VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 5 A 9,9 CM (A); E DE 10 A 14,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

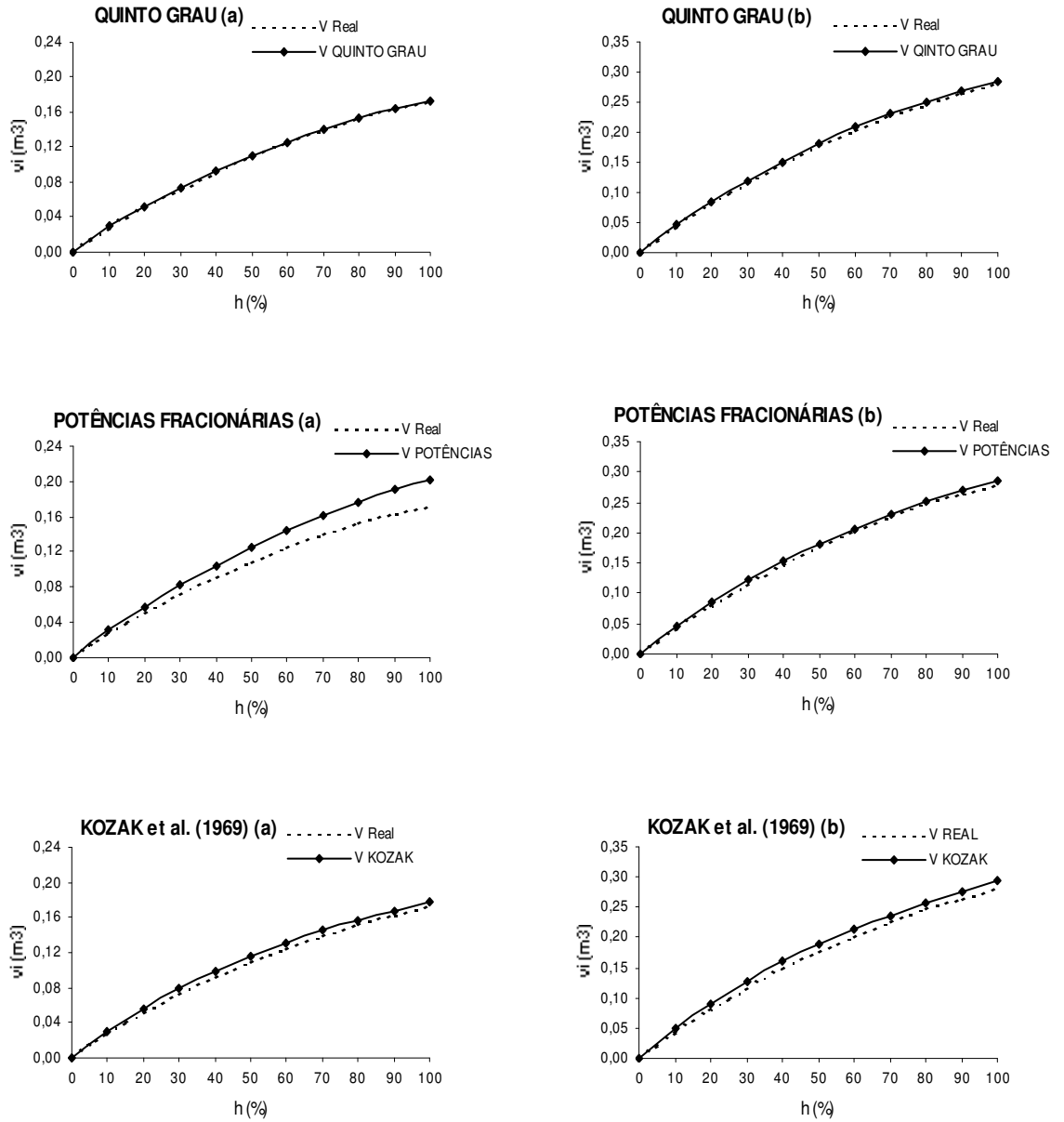


FIGURA E2 VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DIAMÉTRICAS DE 15 A 19,9 CM (A); E DE 20 A 24,9 CM (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

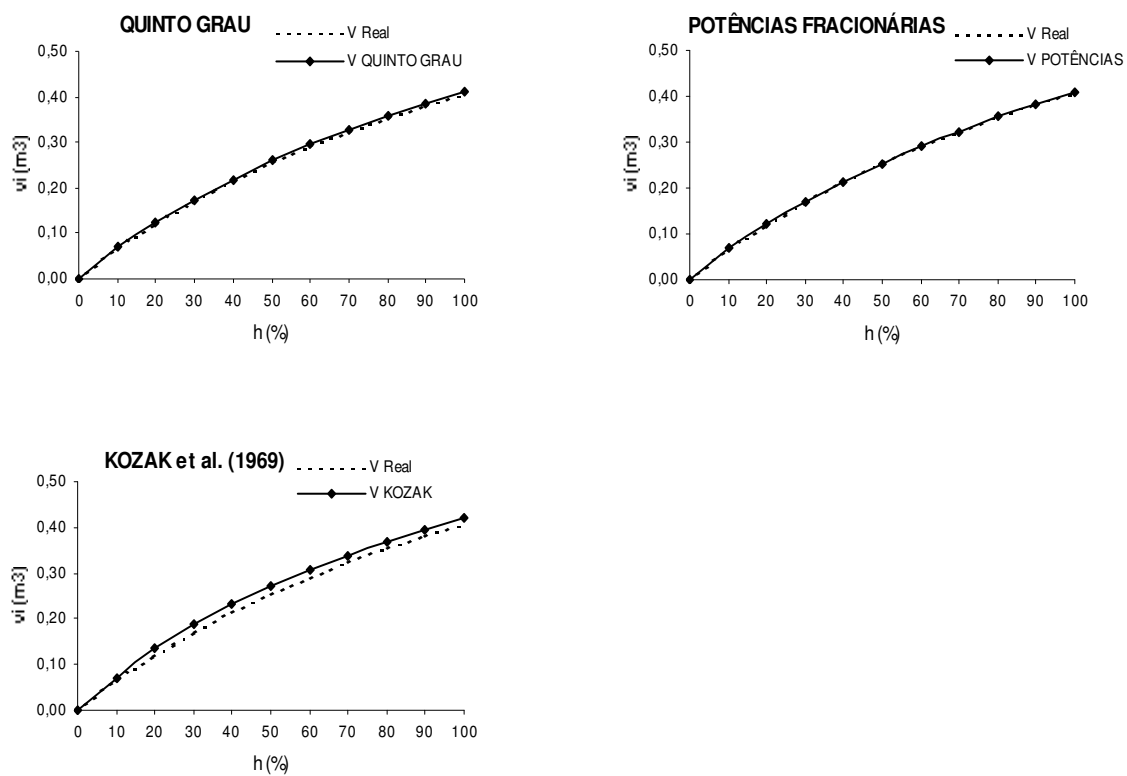


FIGURA E3 VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA A CLASSE DIAMÉTRICA MAIOR OU IGUAL QUE 25 CM PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.

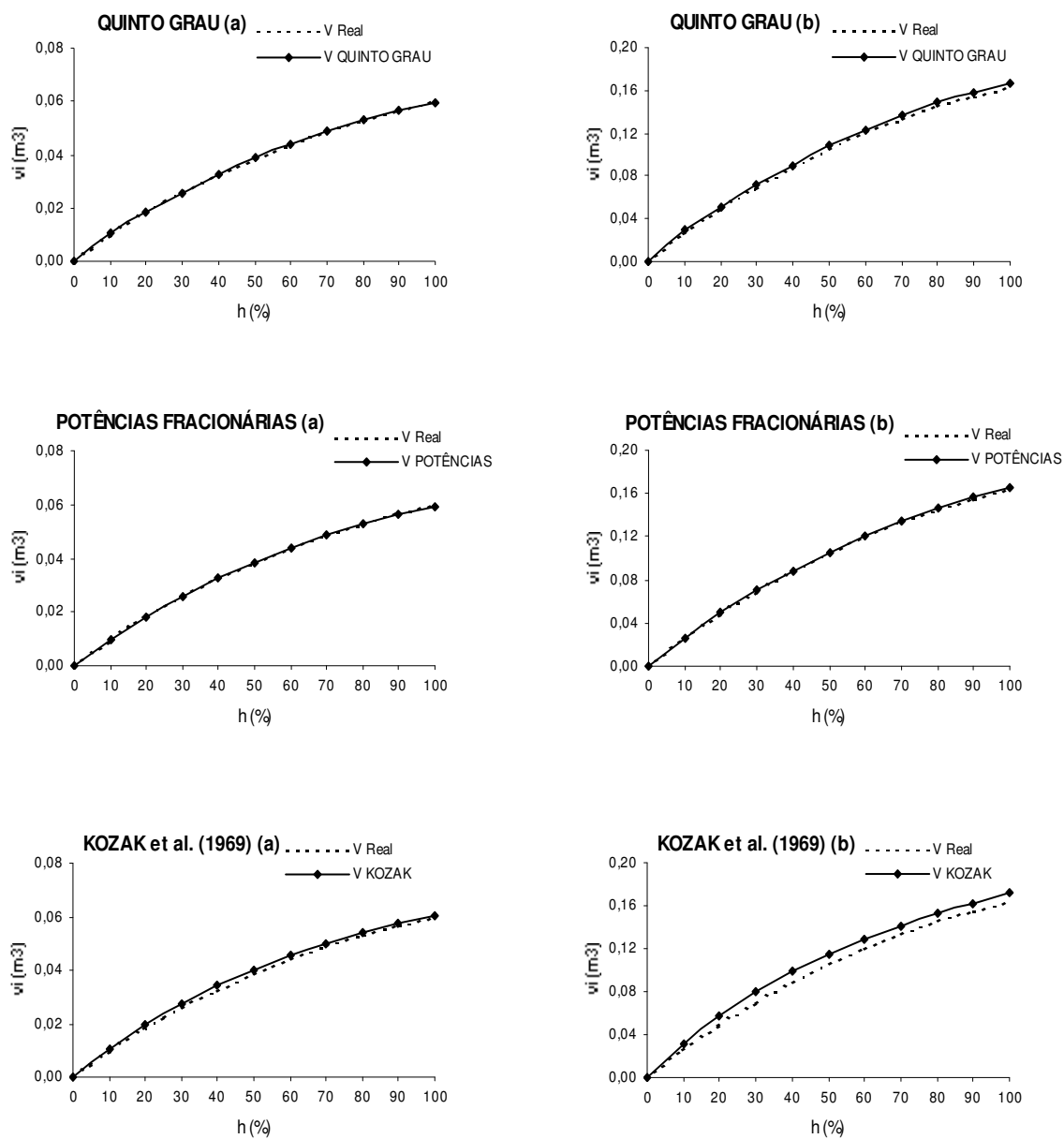


FIGURA E4 VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADE DE 6 A 9 ANOS (A); E DE 10 A 12 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS TESTADOS.

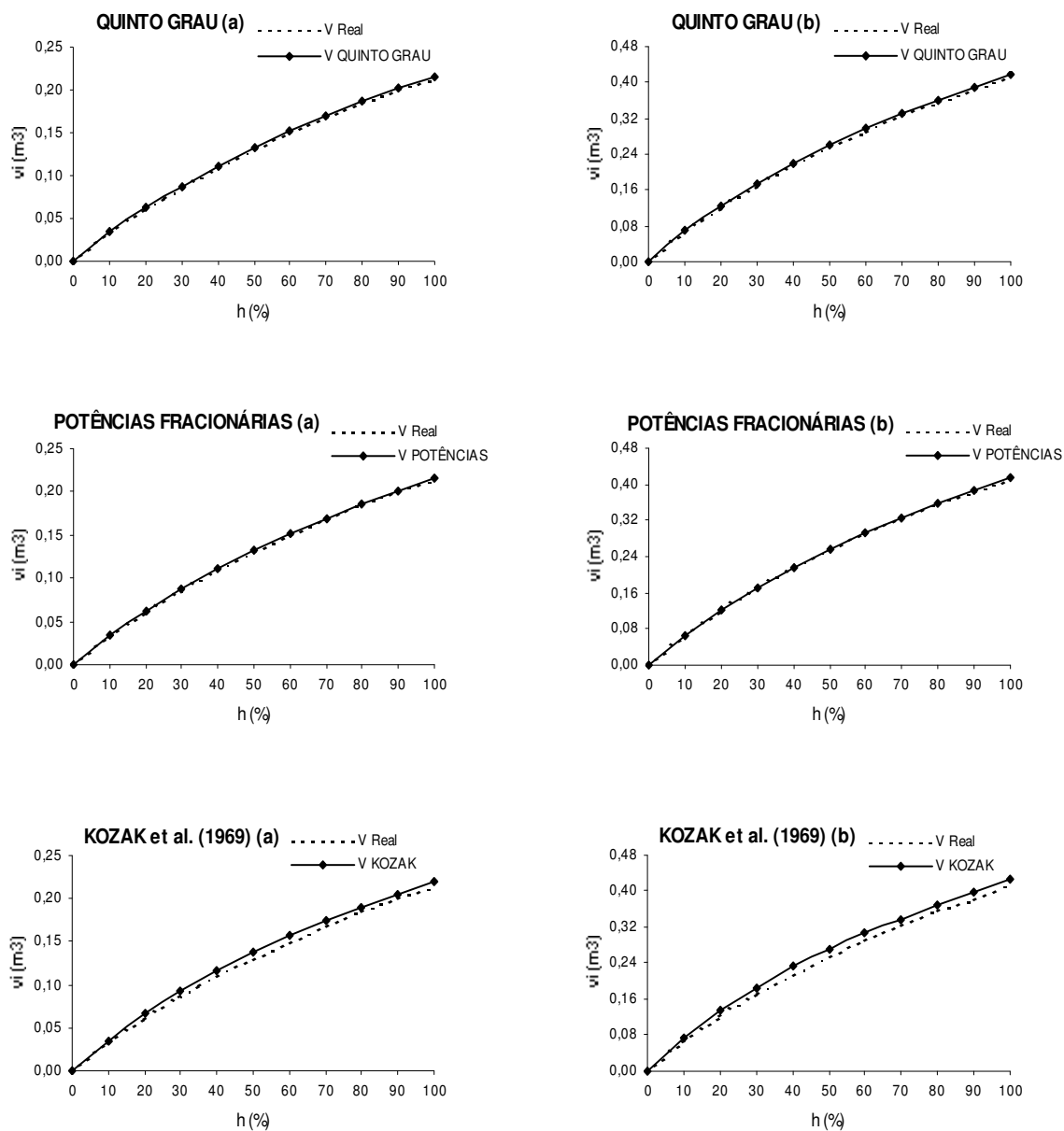


FIGURA E5 VOLUMES REAIS E ESTIMADOS PELOS MODELOS POLINOMIAIS NÃO-SEGMENTADOS PARA AS CLASSES DE IDADE DE 13 A 15 ANOS (A); E DE 16 A 19 ANOS (B) PARA OS TRÊS MODELOS AJUSTADOS.