

EDILSON URBANO

**QUANTIFICAÇÃO E ESTIMATIVA DA BIOMASSA AÉREA
E DO CARBONO FIXADO EM ÁRVORES DE
BRACATINGAIS NATIVOS DA REGIÃO
METROPOLITANA DE CURITIBA**

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

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado.

Co-orientadores: Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

CURITIBA

2007

TERMO DE APROVAÇÃO

A Deus,
e a minha Família
DEDÍCO

BIOGRAFIA

EDILSON URBANO, filho de José Urbano Filho (in Memoriam) e Maria Cristiano Urbano, nasceu em Caarapó, Estado de Mato Grosso do Sul - Brasil.

Concluiu o primeiro grau na Escola Estadual Dr. Victor Maída, e o segundo grau na Escola Estadual Josepha Maria de Oliveira Bersano, em Ibitinga, São Paulo.

Ingressou na Universidade Federal do Paraná em 2000, graduando-se Engenheiro Florestal em 2005.

Iniciou em 2005, na Universidade Federal do Paraná, o curso de mestrado em Engenharia Florestal, na área de concentração Manejo Florestal, concluindo-o em 2007.

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pelo privilégio da vida.

A toda minha família pelo apoio e dedicação.

A Universidade Federal do Paraná, pelo curso.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Professores Sebastião do Amaral Machado, Afonso Figueiredo Filho e Henrique Soares Koehler pela valiosa orientação e pelo conhecimento transmitido.

Aos colegas do Laboratório de Dendrometria, Saulo Téó, Marco A. Figura, Luiz C. Rodrigues, Bárbara Jarschel, Lorena Stolle, Daniel Queiroz, Ludmila P. Aguiar e Rafael Rode pela participação nos trabalhos de campo e de laboratório, pela amizade e companheirismo.

Ao Prof. Décio José de Figueiredo pelos seus sempre sinceros conselhos e amizade.

Aos demais professores Julio E. Arce, Nelson C. Rosot, Carlos R. Sanquetta, Sylvio Péllico, pelos conhecimentos transmitidos nas disciplinas cursadas.

Aos Funcionários da Secretária da Pós-Graduação.

Aos colegas de curso.

Aos amigos Leandro Bargas, Renan Tissot, Nelson A. Hiramatsu, Marcio Barbosa, Emerson Saraiva, Adauto Ramiro, Natascha G. C. Borlachenco, Maria H. Yoshioka, Luciana V. Loro, Fernanda Zangiski pelo apoio e amizade em todos os momentos e a todos os demais amigos, por dar sentido à vida.

A banca examinadora, pelas correções e sugestões.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ANEXOS	XIII
LISTA DE ANEXOS	XIII
RESUMO	XVIII
ABSTRACT	XX
INTRODUÇÃO	2
1.1 OBJETIVO GERAL.....	4
1.1.1 Objetivos Específicos	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	5
2.2 DISTRIBUIÇÃO DA ESPÉCIE	6
2.3 MANEJO DA ESPÉCIE	6
2.4 IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE.....	7
2.5 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E FIXAÇÃO DE CARBONO	9
2.6 BIOMASSA	10
2.7 CARBONO	11
2.8 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA.....	13
2.9 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CARBONO	16
2.10 ESTIMATIVAS DE BIOMASSA	18
2.11 ESTIMATIVAS DO PESO DO CARBONO.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS	29
3.3 MATRIZ DE CORRELAÇÃO	35
3.4 ANÁLISE QUANTITATIVA DA BIOMASSA E DO CARBONO.....	35
3.5 ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DO CARBONO	36
3.6 SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO.....	37
3.6.1 Coeficiente de Determinação Ajustado	37
3.6.2 Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem	38
3.6.3 Análise Gráfica dos Resíduos.....	39

4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	RELAÇÕES QUANTITATIVAS ENTRE VARIÁVEIS.....	41
4.1.1	Percentuais dos Pesos dos Componentes em Relação ao Peso Total das Árvores.....	41
4.1.2	Correlação Simples Entre Variáveis.....	42
4.1.3	Percentual de Matéria Seca para o Total dos Dados	45
4.1.4	Percentual de Matéria Seca por Classe de Idade	46
4.1.5	Percentual de Matéria Seca por Classe de Diâmetro.....	50
4.1.5	Análise do Teor de Matéria Seca entre os Componentes	53
4.1.6	Teores de Carbono por Classe de Idade	54
4.1.7	Teores de Carbono por Classe de Diâmetro	56
4.1.8	Teor de Carbono para o Total dos Dados	58
4.2	AJUSTE DE EQUAÇÕES ESTIMATIVAS DA BIOMASSA SECA E DO CARBONO FIXADO.....	60
4.2.1	Peso total	60
4.2.2	Peso do Fuste	69
4.2.3	Peso da lenha	74
4.2.4	Peso dos galhos maiores ou igual a 4 cm de diâmetro	75
4.1.5	Peso dos galhos menores do que 4 cm de diâmetro	76
4.1.6	Peso folhagem	77
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	79
	REFERÊNCIAS	81
	ANEXOS	88

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - MODELOS UTILIZADOS NO AJUSTE DAS EQUAÇÕES ESTIMATIVAS DO PESO DE CARBONO DE CADA COMPONENTE ANALISADO NAS ÁRVORES DE BRACATINGA.....	37
TABELA 02 - ESTATÍSTICAS PARA A PROPORÇÃO PERCENTUAL DOS PESOS SECOS DOS COMPONENTES EM RELAÇÃO AO PESO TOTAL DAS ÁRVORES.	41
TABELA 03 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA ARITMÉTICA.....	43
TABELA 04 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA LOGARÍTMICA.	44
TABELA 05 - ESTATÍSTICAS DO PERCENTUAL DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES EM RELAÇÃO AOS RESPECTIVOS PESOS VERDES.	45
TABELA 06 - PERCENTUAIS MÉDIOS DE MATÉRIA SECA DOS COMPARTIMENTOS DAS ÁRVORES POR CLASSE DE IDADE.....	46
TABELA 07 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE IDADE PARA OS PERCENTUAIS DE MATERIA SECA.	47
TABELA 08 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA DE CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE IDADE.....	48
TABELA 09 - CORRELAÇÃO ENTRE OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA COM A IDADE DAS ÁRVORES, POR COMPONENTE.....	48
TABELA 10 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA (%) POR CLASSE DE DIÂMETRO, COM RESPECTIVOS NÚMEROS DE ÁRVORES ANALISADAS.	50
TABELA 11 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) PARA OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS	

RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE DIÂMETRO.....	51
TABELA 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA PARA CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	51
TABELA 13 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA POR CLASSE DE DIÂMETRO PARA OS COMPONENTES ANALISADOS.....	52
TABELA 14 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA ENTRE OS COMPONENTES DAS ÁRVORES.....	53
TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA POR COMPONENTE.....	53
TABELA 16 - TEORES MÉDIOS DE CARBONO (%) POR CLASSE DE IDADE, COM RESPECTIVOS NÚMEROS DE ÁRVORES ANALISADAS.....	54
TABELA 17 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) PARA OS TEORES DE CARBONO OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE IDADE.....	55
TABELA 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE CARBONO PARA CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE IDADE.....	55
TABELA 19 - TEORES MÉDIOS DE CARBONO (%) POR CLASSE DE DIÂMETRO COM RESPECTIVOS NÚMEROS DE ÁRVORES ANALISADAS.....	56
TABELA 20 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) DOS TEORES DE CARBONO OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE DIÂMETRO.....	57
TABELA 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE DIÂMETRO.....	57
TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS COMPONENTES DAS ÁRVORES PARA TODOS OS DADOS.....	58
TABELA 23 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS TEORES DE CARBONO POR COMPONENTE PARA TODOS OS DADOS.....	58

TABELA 24 - ESTATÍSTICAS DO TEOR DE CARBONO EM % DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES PARA TODOS OS DADOS.	59
TABELA 25 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO TOTAL DE CADA ÁRVORE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARITMICAS.	62
TABELA 26 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO TOTAL DE CADA ÁRVORE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2) E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARITMICAS.	63

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
FIGURA 02 - MEDIDAS TRANSVERSAIS DA COPA DA ÁRVORE.	29
FIGURA 03 - MEDIÇÃO E MARCAÇÃO DO DAP.....	30
FIGURA 04 - DERRUBADA DA ÁRVORE COM MOTOSSERRA.....	30
FIGURA 05 - ÁRVORE SEPARADA EM COMPONENTES.....	31
FIGURA 06 - PESAGEM DOS COMPONENTES.....	31
FIGURA 07 - PESAGEM DAS AMOSTRAS DE CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES.....	32
FIGURA 08 - FRACIONAMENTO DAS AMOSTRAS EM TAMANHOS MENORES.....	32
FIGURA 09 - AMOSTRAS EM SACOS DE PAPEL SECANDO EM ESTUFA.....	33
FIGURA 10 - PESAGEM DAS AMOSTRAS SECAS.....	33
FIGURA 11 - MOINHO E AMOSTRAS TRITURADAS.....	34
FIGURA 12 - ANALISADOR DE CARBONO E AMOSTRAS ANTES DAS ANÁLISES.....	34
FIGURA 13 - TENDÊNCIA PARA OS PERCENTUAIS MÉDIOS DE MATÉRIA SECA POR CLASSE DE IDADE PARA OS COMPONENTES ANALISADOS.	49
FIGURA 14 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO TOTAL.	65
FIGURA 15 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO TOTAL.	66
FIGURA 16 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO TOTAL.....	67
FIGURA 17 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO TOTAL.....	68
FIGURA 18 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.....	69
FIGURA 19 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.....	70

FIGURA 20 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.....	71
FIGURA 21 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.....	72

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 - TABELA DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA ARITMÉTICA.....	89
ANEXO 02 - TABELA DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA LOGARÍTMICA.....	90
ANEXO 03 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DO FUSTE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	91
ANEXO 05 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 CM DE DIÂMETRO, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	93
ANEXO 06 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 CM DE DIÂMETRO, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	94
ANEXO 07 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DA FOLHAGEM, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	95
ANEXO 08 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DA MADEIRA USADA COMO LENHA, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	96

ANEXO 09 -	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DO FUSTE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.	97
ANEXO 10 -	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 CM DE DIÂMETRO, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	98
ANEXO 11 -	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES QUE 4 CM DE DIÂMETRO, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.....	99
ANEXO 12 -	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R^2), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM ($S_{YX}\%$) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.	100
ANEXO 13 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DO FUSTE.	101
ANEXO 14 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DO FUSTE.	102
ANEXO 15 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DO FUSTE.	103
ANEXO 16 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DO FUSTE.	104
ANEXO 17 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA LENHA.	105
ANEXO 18 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA LENHA.	106
ANEXO 19 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA LENHA....	107

ANEXO 20 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA LENHA....	108
ANEXO 21 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.....	109
ANEXO 22 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES DO QUE 4 cm.....	110
ANEXO 23 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.....	111
ANEXO 24 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.....	112
ANEXO 25 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	113
ANEXO 26 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	114
ANEXO 27 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	115
ANEXO 28 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	116
ANEXO 29 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.	117
ANEXO 30 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.	118

ANEXO 31 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.	119
ANEXO 32 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.	120
ANEXO 33 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.	121
ANEXO 34 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.	122
ANEXO 35 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.	123
ANEXO 36 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.	124
ANEXO 37 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.	125
ANEXO 38 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.	126
ANEXO 39 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.	127
ANEXO 40 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.	128
ANEXO 41 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.	129

ANEXO 42 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.....	130
ANEXO 43 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.....	131
ANEXO 44 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.....	132
ANEXO 45 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	133
ANEXO 46 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	134
ANEXO 47 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	135
ANEXO 48 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.....	136
ANEXO 49 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.	137
ANEXO 50 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.	138
ANEXO 51 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.	139
ANEXO 52 -	RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.	140

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo quantificar e modelar a biomassa aérea e a quantidade de carbono fixado em bracatinga de povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba. Os dados compõem-se de 194 árvores coletadas em bracatingais de diversos municípios. Nessas árvores foram medidas as variáveis; altura total, altura de copa, altura do fuste, diâmetro à altura do peito (DAP) e o diâmetro da copa. Cada árvore amostra foi derrubada e dividida nos componentes fuste, galhos com diâmetro maiores ou igual a 4 cm, galhos com diâmetro menor do que 4 cm e folhas. O peso verde de cada componente foi obtido in loco. Amostras de cada componente verde foram coletadas, pesadas e trazidas para secagem em estufa até peso seco constante. Posteriormente foi obtido o peso seco de cada componente por extrapolação dos pesos das amostras. Amostras de cada componente de 55 árvores foram moídas para determinação do teor de carbono. O peso dos fustes, dentre os pesos dos demais componentes, tem maior representabilidade e menor coeficiente de variação, com uma média de 69,85% do peso total das árvores e com um coeficiente de variação de 17,88%. Os componentes que formam a copa correspondem em média a 30,15% do peso total das árvores com valores de coeficiente de variação altos. O DAP é a variável que apresenta melhor correlação com os pesos secos e pesos de carbono. A média do teor de matéria seca do componente folha dado em porcentagem é estatisticamente igual à do componente casca, porém difere dos teores dos demais componentes das árvores. Os teores médios dos demais componentes, incluindo a casca, são estatisticamente iguais entre si. Não há diferença significativa no teor médio de carbono entre as classes de idade, e entre as classes de diâmetros de todos os componentes analisados, ou seja, as médias dos teores de carbono são estatisticamente iguais. O DAP, a altura total e a altura do fuste foram as variáveis independentes mais adequadas para compor as equações estimativas dos pesos secos e de carbono para os componentes lenha, fuste e total. As equações ajustadas para estimar o peso da biomassa e o peso de carbono para os componentes fuste, lenha e para a árvore toda apresentaram R^2 sempre acima de 0,90 e S_{yx} entre 20 e 25 %. As equações ajustadas para estimar o peso seco e o

peso de carbono folhagem e dos galhos não apresentaram resultados satisfatórios, com erros altos e coeficientes de determinação baixos. As equações ajustadas são importantes ferramentas para que a bracatinga possa participar do mercado de créditos de carbono.

Palavras Chaves: *Mimosa scabrella*, biomassa, carbono, equações.

ABSTRACT

Quantification and estimate of biomass and fixed carbon weight of *Mimosa scabrella* Bentham native trees from the Curitiba metropolitan region. This research aimed to quantify and to model the above ground biomass and the fixed carbon of *Mimosa scabrella* Bentham of native stands from the Curitiba metropolitan region. The data for this research work came from 194 trees located in several counties of the Curitiba metropolitan region. Total height, crown height, stem height, DBH and crown diameter of every one of the 194 trees were measured. Every sample tree was felled down and sectioned in the following components: stem, thick branches (diameter ≥ 4 cm), thin branches (diameter < 4 cm), foliage, and dead branches. The green weight of each tree component was weighted in the field. Small sub samples of each tree green component were also weighted in the field and brought to the laboratory for oven dry until unchanged weight. Thus it was obtained the dry weight of the whole component of the 194 trees by extrapolation of the sample weights. Small samples of each component from 55 trees were triturated for carbon amount determination. The stem dry weight participated with 69.85% of the tree total, as an average, and presented a coefficient of variation of 17.88%. The crown component participated with 30.15% of the total dry weight of the tree. DBH is the variable that presented the highest correlation with dry weight and with carbon weight. The average tree dry matter of the leaf component in percentage is statistically equal to the bark component, but it differs from the other components of the trees. Meanwhile the averages of the other components, including that one from the bark are statistically equal to each other. There is no significative difference of the average carbon content among age classes, either diameter classes for all analyzed components, that is, the carbon content averages for all ages and diameter classes are statistically equal. DBH, total height and height of the stem were the independent variables more adequate for estimating dry weights and carbon for the component firewood, stem and total. The adjusted equations for estimate the weight of biomass and weight of carbon by components, stem, firewood and total to show R^2 always above of 0.90

and S_{yx} among 20 and 25 %. The adjusted equations to estimate dry weight and carbon weight of the leaves and of the branches did not present satisfactory results, with high standard errors and low determination coefficients. The adjusted equations are important tools for which the bracatinga can participate of the carbon credit market.

Key Words: *Mimosa scabrella*, biomass, carbon, equation.

INTRODUÇÃO

Mimosa scabrella Benth., conhecida popularmente como bracatinga, é uma espécie pioneira, característica das áreas de ocorrência da Araucária, que se desenvolve bem a céu aberto, com crescimento rápido e resistente a geadas. Esta espécie é conhecida pelo seu potencial energético, sendo usada como lenha e carvão. A maior parte da lenha de bracatinga na Região Metropolitana de Curitiba é utilizada pelas indústrias processadoras de cal e/ou calcário, padarias e outras.

A importância da bracatinga, como fonte de matéria prima energética e para a proteção das florestas naturais, remonta ao início do século XX, quando se desencadeou um esforço para o fomento da espécie como produtora de lenha, estimulando um aumento gradativo da superfície ocupada pelos bracatingais. Atualmente este cenário está sofrendo mudança significativa para o cultivo da bracatinga em decorrência do uso de fontes energéticas alternativas, com consequências sócio-econômicas ainda pouco definidas.

A tradição, aliada a todas as possibilidades de uso e a elevada taxa de crescimento, considerada uma das mais rápidas entre as árvores brasileiras, faz da bracatinga a espécie florestal nativa mais importante da região metropolitana de Curitiba, representando uma parte importante na economia das pequenas propriedades rurais. Assim, tornou-se muito importante a geração de informações mais acuradas quanto ao crescimento e produção de biomassa em bracatingais.

Segundo HOSOKAWA *et al.* (1998), as florestas têm, durante os últimos anos, recebido crescente atenção no que se refere ao seu potencial para contribuir com a redução do “efeito estufa”, por meio de sua capacidade de armazenar carbono durante o processo natural de produção de biomassa. A expansão da cobertura florestal global apresenta-se como uma possibilidade para aumentar o estoque de carbono terrestre armazenado e diminuir o crescimento da concentração de gás carbônico na atmosfera.

A estocagem de carbono na forma de maciços florestais, ou na forma de produtos e bens duráveis é uma das alternativas de otimização do carbono fixado. Estas florestas poderiam reduzir a temperatura global, aumentar a renda da sociedade, contribuir com

diversos aspectos de importância ambiental, além de recuperar terras consideradas pouco ou totalmente improdutivas.

A preocupação com o efeito da emissão dos gases que causam o aumento da temperatura global tem se tornado crescente nas últimas décadas. Pesquisas demonstram que o aumento da temperatura na Terra poderá causar prejuízos irreparáveis ao ambiente se a emissão dos gases estufa não for ordenadamente controlada.

O efeito estufa é um fenômeno importante na manutenção da estabilidade da temperatura na superfície terrestre. Entre os gases que participam deste fenômeno, o dióxido de carbono (CO₂) encontra-se como o maior responsável pelo aquecimento da Terra. Por isso, em 1997 a Convenção das Nações Unidas sobre Mudança do Clima ocorrida em Kyoto, no Japão, adotou um protocolo segundo o qual os países industrializados deveriam reduzir suas emissões de gases estufa em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2012.

A determinação da biomassa também está diretamente ligada a questões que envolvem o clima e o manejo florestal, uma vez que as informações obtidas no inventário florestal são a base de pesquisas relacionadas ao uso dos recursos naturais e nas decisões sobre o uso eficiente da terra. Em relação ao clima, a biomassa é utilizada para estimar os estoques de carbono, que por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO₂ que é liberada ou pela respiração vegetal, por queimadas ou por decomposição da biomassa.

Devido ao potencial de fixação de carbono na biomassa das árvores de bracatingais nativos e o crescente interesse global por este assunto, faz-se necessário o desenvolvimento de métodos de estimativa do teor de carbono fixado, com a finalidade da quantificação do seu estoque, facilitando o planejamento e a valorização dos povoamentos de bracatinga.

1.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar e modelar a biomassa aérea e o carbono fixado em bracatinga de povoamentos nativos da região metropolitana de Curitiba.

1.1.1 Objetivos Específicos

1. Determinar o percentual de biomassa seca e o percentual de carbono para cada um dos componentes;
2. Calcular o peso de biomassa seca e o peso de carbono para a árvore toda, para a porção lenha e para cada componente;
3. Estabelecer correlações entre o peso da biomassa e o peso do carbono de cada componente, da porção lenha e da árvore toda com as variáveis DAP, altura total, altura do fuste, altura de copa e diâmetro de copa e suas combinações na forma aritmética e logarítmica;
4. Ajustar equações para estimar o peso da biomassa da árvore toda, da porção lenha e dos outros componentes;
5. Ajustar equações para estimar o peso do carbono da árvore toda, da porção lenha e dos outros componentes.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

A bracatinga é uma árvore perenifólia, normalmente com 10 a 18 m de altura e 20 a 30 cm de DAP, pode atingir até 29 m de altura e 50 cm de DAP. O tronco pode ser alto e esbelto em maciços ou curto e ramificado, em árvores isoladas. O fuste se desenvolve até 15 m de comprimento e o diâmetro da copa pode variar de 1,5 m, em povoamento, até 10 m em árvores isoladas (ROTTA e OLIVEIRA, 1981). Alguns povoamentos implantados por mudas têm alcançado produtividade de até 36 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ ou 55 m³ st ha⁻¹ ano⁻¹ com casca, sob regeneração artificial (AHRENS, 1981; CARVALHO, 1994).

A bracatinga é uma planta hermafrodita, porém a fecundação é preferencialmente cruzada, sendo a polinização feita principalmente por abelhas do gênero *Apis* sp. e *Trigona* sp. (CATHARINO *et al.*, 1982).

Os frutos, bem como as sementes, se dispersam, sobretudo, pela ação da gravidade. Ao caírem no solo, as sementes formam bancos permanentes e a viabilidade das mesmas pode perdurar por 4 anos ou mais (CARPANEZZI *et al.*, 1997).

A floração e a frutificação, que se iniciam dois anos após o plantio, ocorrem em períodos distintos nos Estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina. De junho a setembro ocorre floração nos Estados Paraná e Santa Catarina, a frutificação se dá entre dezembro e março. No Estado de São Paulo, a floração acontece em julho e a frutificação em dezembro. No Rio Grande do Sul, a floração ocorre de julho a outubro e a frutificação, de novembro a fevereiro (CARVALHO, 1994).

A madeira de bracatinga é moderadamente densa, possui massa específica aparente entre 0,65 a 0,81g/cm³ a 15% de umidade e a densidade básica varia de 0,51 a 0,61 g/cm³ (CARVALHO, 1994).

2.2 DISTRIBUIÇÃO DA ESPÉCIE

A bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) é uma espécie de clima frio e ocorre na região Sul e Sudeste do Brasil. Sua área mais expressiva e contínua de ocorrência natural situa-se entre as latitudes 23° 5 e 29° 4 S e longitude de 48° 5 W até 53° 50 W, nos estados de Minas Gerais (Sul), São Paulo (Leste e Sul), Paraná (Sul e Centro-Sul), Santa Catarina (Leste e Sul) e Rio Grande do Sul (Nordeste), preferencialmente, em altitudes de 400 m a 1800 m, temperaturas médias anuais de 13 a 18,5° C e sem déficit hídrico (ROTTA e OLIVEIRA, 1981).

Os densos e característicos capoeirões de bracatinga são comuns no primeiro e segundo planaltos do Estado do Paraná, bem como em quase todo o planalto do Estado de Santa Catarina e na parte oriental do planalto do Estado do Rio Grande do Sul (KLEIN, 1963; REITZ e KLEIN, 1964; KLEIN, 1968). Contudo, a exuberância e a densidade dos agrupamentos de bracatinga se evidenciam, principalmente, nos planaltos dos Estados do Paraná e de Santa Catarina, indicando, possivelmente, as áreas mais adequadas para o seu desenvolvimento (KLEIN, 1981).

Normalmente, a bracatinga ocorre em solos pobres, ácidos (pH variando entre 3,5 e 5,5), de textura franca a argilosa e bem drenados. É pouco exigente em fertilidade química, mas não se desenvolve adequadamente em solos mal drenados e com alto teor de alumínio. CARPANEZZI e CARPANEZZI (1992) verificaram que, em plantios, o crescimento das árvores responde à adição de fósforo, bem como à profundidade efetiva do solo.

2.3 MANEJO DA ESPÉCIE

A cultura da bracatinga é realizada predominantemente em propriedades agrícolas de até 50 hectares. A implantação tradicional é feita por regeneração natural via sementes, induzida pela queima dos restos da exploração florestal anterior. No primeiro ano a bracatinga é consorciada com culturas de ciclo curto, principalmente milho e feijão. Após a colheita das culturas agrícolas, não são realizados tratamentos

culturais no povoamento florestal, não havendo, portanto, custos de implantação ou manutenção do bracatingal (BAGGIO *et al.*, 1986).

Grandes superfícies da área metropolitana de Curitiba e outras, principalmente nos Estados do Paraná e Santa Catarina, estão reflorestadas com bracatinga, que formam densas associações em que cerca de 61% corresponde à bracatinga e o restante engloba mais de 80 espécies (BAGGIO, 1994). Vistos de cima, os bracatingais parecem constituir agrupamentos puros, uma vez que, nas áreas de cultivo, o dossel é exclusivamente formado pelas copas da mesma.

A bracatinga é cultivada em cerca de 60 mil hectares, nos arredores de Curitiba, segundo um sistema agroflorestal tradicional (EMBRAPA, 1988). Os plantios na região Sul apresentam rotação estimada de quatro a sete anos para energia. Em regeneração natural, também para finalidades energéticas, o ciclo de corte é de seis a oito anos, admitindo-se densidade média de 2200 plantas por hectare (CARVALHO, 1994).

O consórcio de culturas agrícolas com bracatinga garante a produção de lenha e produtos alimentícios caracterizando um ambiente sócio-econômico na região. Normalmente os produtos alimentícios são consumidos na propriedade e a lenha se destina à comercialização (LAURENT *et al.*, 1990). Esses autores ainda afirmaram que a produtividade de lenha da bracatinga no sistema agroflorestal tradicional é maior do que a da exploração na floresta secundária e que a remuneração da mão-de-obra familiar é também maior que naquele sistema. Neste contexto, estão inseridos cerca de 3.000 pequenos produtores rurais da Região Metropolitana de Curitiba, que dependem diretamente do sistema agrossilvicultural da bracatinga para sua sobrevivência e permanência no campo (MAZUCHOWSKI, 1990).

2.4 IMPORTÂNCIA DA ESPÉCIE

A madeira da bracatinga, tradicionalmente, é usada como lenha e carvão em fornos caseiros rurais, em indústrias e no aquecimento de residências urbanas. Além disto, é utilizada nas propriedades rurais como varas em olericultura, estacas em construções civis, madeira para pequenas construções rurais, laminados, tabuados e

outros usos (MAZUCHOWSKI, 1990). Ao seu reconhecido potencial energético, alia-se o potencial silvicultural, por ser uma espécie rústica, de rápido crescimento que frutifica regularmente e em abundância. Esta característica favorece a produção de mudas. As sementes não apresentam problemas de germinação (ROTTA e OLIVEIRA, 1981), mesmo apresentando dormência, esta pode ser facilmente quebrada quando a semente é exposta ao fogo no campo ou colocada em água quente para plantio manual.

A madeira serrada ou roliça pode ser usada para vigamentos e escoras na construção civil, caixotaria, embalagens leves, compensados, laminados e aglomerados (LORENZI, 1992). Contudo, o principal uso é para energia, pois a madeira de bracatinga fornece lenha e carvão de excelente qualidade. O poder calorífico da lenha é de 4569 a 4830 kcal kg⁻¹ (SILVA *et al.*, 1982) e do carvão, de 7239 a 7554 kcal kg⁻¹. A celulose da madeira de bracatinga pode ser utilizada para fabricação de papéis de escrita e impressão, desde que não seja necessária alta resistência física (BARRICHELO e BRITO, 1982).

A bracatinga é fundamental, também, na apicultura regional. Sua floração abundante, que ocorre de maio até setembro, é uma opção de alimento para as abelhas, permitindo o desenvolvimento contínuo da colméia. O “mel de bracatinga” é rico em glicose, com cristalização rápida. A espécie fornece ainda néctar e pólen durante o inverno, aspecto importante para a apicultura (EMBRAPA, 1988).

A *Mimosa scabrella* é também uma espécie importante para recuperação florestal de solos degradados. Recobrando rapidamente o solo nu, a bracatinga inibe a invasão de vegetação herbáceo-arbustiva e favorece o crescimento de espécies tolerantes ao sombreamento (CARPANEZZI, 1997). Esta essência foi bastante utilizada no Sul do País para recuperação de áreas de mineração, onde o solo se encontrava profundamente degradado (CARVALHO, 1994). CARPANEZZI *et al.* (1984) comprovaram que a deposição de biomassa da bracatinga retorna ao solo mais de 200 kg de nitrogênio e 15 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

2.5 PRODUÇÃO DE BIOMASSA E FIXAÇÃO DE CARBONO

A humanidade atravessa graves ameaças ocasionadas pelo aquecimento global provocado pela elevação da concentração de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, que poderá causar um aumento da temperatura média do planeta entre 3 a 5°C nos próximos 100 anos. Devido a grande quantidade emitida, o CO₂ é o que apresenta maior contribuição para o aquecimento global (RENNER, 2004).

Uma das formas mais eficientes de fixar o excesso de CO₂ é o desenvolvimento de plantações florestais de crescimento rápido. O carbono é utilizado para formar a parte lenhosa e quanto mais rápido o crescimento, maior a absorção de CO₂. A bracatinga é considerada uma das espécies de crescimento inicial mais rápido no Sul do Brasil.

Desta forma o estabelecimento de florestas e o acréscimo nos regimes de agroflorestas, podem também contribuir de forma significativa com o acréscimo nos estoques de carbono e com a produção de bens duráveis com a madeira destas florestas, bem como o aumento da vida útil destes produtos garantirá que o carbono estocado seja maior que a taxa de degradação da madeira (ROCHADELLI, 2001). Segundo o mesmo autor, a longo prazo, a substituição de combustíveis fósseis pela biomassa vem a ser o meio mais efetivo na redução de emissões de carbono.

SANQUETTA *et al.* (2004) reportaram que várias empresas e entidades representativas oficiais e não-oficiais passaram a investir em projetos de pesquisa de fixação de carbono, para obtenção de créditos visando compensar parte das emissões, o que reforça o surgimento de um novo mercado e de novas oportunidades de negócios para este setor. A realização de pesquisas silviculturais, com espécies nativas ou introduzidas, para definições de variáveis que possuam correlação com o acúmulo de carbono permitirá determinar as áreas a serem reflorestadas para compensação das emissões.

2.6 BIOMASSA

Segundo CALDEIRA (2003), o termo biomassa representa a matéria orgânica armazenada em um determinado ecossistema, pois especifica o valor numérico dos componentes presentes, além de ser fundamental nos estudos de ciclagem de nutrientes, conversão de energia, absorção e armazenamento de energia solar e também possibilita tirar conclusões para uma exploração racional dos ecossistemas.

TEIXEIRA (2003) define a biomassa como a quantidade de material vegetal contida por unidade de área numa floresta e expressa em unidade de massa. Em geral, os componentes utilizados na medição da biomassa são; biomassa vertical acima do solo, composição das árvores e arbustos, composição da serapilheira e troncos caídos (fitomassa morta acima do solo) e composição de raízes (biomassa abaixo do solo). A biomassa média por hectare varia entre os tipos florestais e dentro de um mesmo tipo de floresta.

Alguns autores usam o termo fitomassa e, segundo BRIGADÃO (1992), esse termo é usado para medir o material seco da planta, o qual juntamente com a zoomassa corresponde ao termo biomassa. Nesta definição não é feita menção sobre a unidade de medida do material vegetal seco. O termo fitomassa corresponde à medida em termos de massa, sendo obtida em plantas individuais, sejam florestais ou não.

Segundo CALDEIRA (2003), a fitomassa viva é constituída principalmente de água, cuja quantidade de armazenamento depende do componente arbóreo, da espécie, das condições edafoclimáticas e da estação do ano. Quando um determinado tecido vivo é seco e perde água, a matéria seca que constitui a biomassa é formada por compostos, principalmente de carboidratos, como celulose e lignina, e quantidades menores de proteína e por esqueletos de carbono e o restante por nutrientes.

O acúmulo de biomassa é afetado por todos os fatores que afetam a fotossíntese e a respiração (CALDEIRA, 2003). A produtividade de um ecossistema está relacionada diretamente com o consumo e com a disponibilidade de dióxido de carbono no meio, pois este é o elemento que movimenta o processo de absorção das plantas, bem como com a água, a radiação solar e os nutrientes. Além dos fatores citados, outros também

afetam o acúmulo de biomassa e a produtividade. Entre eles a idade do povoamento, as procedências, a nutrição, o sítio, a altitude, a umidade do solo, o espaçamento e o desbaste (SCHUMACHER, 1995; LADEIRA *et al.*, 2001).

A biomassa pode ser expressa por massa verde ou massa seca. A massa verde refere-se ao material fresco amostrado, contendo uma proporção variável de água. A massa seca refere-se à massa de uma árvore, de um arbusto ou seus componentes, sendo obtido após a secagem do material em estufa. A massa seca é a expressão preferida da massa em trabalhos com ciclagem de nutrientes, em função da garantia da consistência dos resultados e da sua relação direta com o potencial de energia (CALDEIRA, 2003).

Segundo PARDÉ (1980), expressar a biomassa em matéria seca é vantajoso na aplicação em determinados mercados madeireiros, para a necessidade de explicar a produtividade biológica dos ecossistemas e pela facilidade em comparações e cálculos.

2.7 CARBONO

O carbono, que faz parte de dois gases, o metano (CH₄) e o gás carbônico (CO₂), é o elemento "mestre" nos ciclos globais chamados ciclos biogeoquímicos. O ciclo global do carbono é composto de vários ciclos simples. O ciclo simples mais importante é denominado fotossíntese - respiração e depende intimamente da presença de plantas, animais e bactérias. Plantas, sejam na terra ou nos oceanos, absorvem gás carbônico e usando água e a luz do sol convertem o gás carbônico em tecido vivo (CH₂O), chamado freqüentemente de biomassa ou matéria orgânica. O oxigênio (O₂) é liberado durante a produção de biomassa. Este processo é conhecido como fotossíntese porque usa luz para sintetizar biomassa. Se somente a fotossíntese ocorresse, não se teria mais gás carbônico (CO₂) na atmosfera. Como consequência disso haveria uma queda na temperatura da Terra por falta deste gás. Mas existe um processo que complementa a fotossíntese que é a respiração. Neste processo, a biomassa e a matéria orgânica reagem com o oxigênio e liberam gás carbônico e energia (RENNER, 2004).

Dois outros processos são quase idênticos à respiração quais sejam decomposição e a queima. Decomposição é a respiração, principalmente por bactérias e fungos, de

matéria orgânica morta. A queima de matéria orgânica segue o mesmo caminho da respiração (RENNER, 2004).

A emissão de dióxido de carbono na atmosfera tem sido considerada como o principal agente causador do efeito estufa, entre outros tipos de gases (HOSOKAWA *et al.*, 1998). Como instrumento de flexibilização dos compromissos de redução desses gases foi lançada na Convenção do Clima da ONU, uma nova modalidade dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), definido no protocolo de Kioto. Trata-se do seqüestro florestal de carbono (CHANG, 2004).

A absorção de dióxido de carbono se dá, em parte, pelo período de tempo existente entre o crescimento acelerado das plantas e a morte e decomposição delas. Deste modo, as florestas são importantes para o equilíbrio do balanço global de gás carbônico, pois os diferentes tipos de florestas armazenam diferentes quantidades de carbono em função dos estágios de sucessão, da idade, do regime de manejo e da composição de espécies (WATZLAWICK *et al.*, 2004).

As florestas desempenham papel significativo no ciclo global do carbono, devido a sua capacidade de estocar por longo prazo grandes quantidades desse elemento na sua biomassa. Esse montante representa cerca de 80% de todo carbono estocado na vegetação terrestre e cerca de 40% do carbono presente nos solos (RENNER, 2004).

O acúmulo de biomassa em uma árvore pode ser observado pelo incremento no crescimento em diâmetro do tronco. Em um povoamento florestal este incremento pode determinar a quantidade de carbono que é absorvido pela floresta para ser incorporado à matéria orgânica vegetal ou liberado pela decomposição de resíduos provenientes da exploração, e será influenciado pela intensidade de exploração e pela vegetação remanescente (TEIXEIRA, 2003).

A conversão do peso seco de biomassa em massa de carbono tem sido efetivada baseada na relação que determina que em uma tonelada de biomassa seca de madeira encontra-se aproximadamente 0,45 toneladas de carbono e uma tonelada de carbono é encontrada em 3,66 toneladas de gás carbônico (ROCHADELLI, 2001). Contudo, do ponto de vista florestal, estas cifras podem depender da espécie utilizada, do solo, do

regime de manejo, do micro-clima, do micro-ambiente, do ciclo hidrológico e da produtividade do sistema.

2.8 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA

Para CALDEIRA (2003), a quantificação da biomassa fornece informações sobre magnitude, qualidade e distribuição dos produtos da floresta que não se encontram nos tradicionais mapas dos ecossistemas. Seu conhecimento também é importante do ponto de vista ecológico, porque permite estabelecer a produção real de um sítio florestal além de permitir conhecer o crescimento, a produtividade e o ciclo dos nutrientes nos ecossistemas florestais tanto naturais como implantados.

Para TEIXEIRA (2003), a quantificação da biomassa florestal pode ser feita por dois métodos, o método direto, onde há a determinação do peso da biomassa fresca e da biomassa seca e o método indireto, que estima a biomassa por meio de modelos matemáticos a partir de dados de inventários florestais fazendo a relação de variáveis como o volume da madeira, o DAP (diâmetro à altura do peito), altura comercial do tronco, diâmetro da copa e a altura total das árvores.

SANQUETTA e BALBINOT (2004) afirmaram que métodos diretos implicam em determinações, enquanto métodos indiretos geram estimativas. Assim, determinações não são possíveis em grandes extensões florestais, cabendo em áreas pequenas e amostras tomadas na população para ajustar e calibrar os modelos empregados nas estimativas de biomassa.

Genericamente, os métodos de amostragem de biomassa podem ser enquadrados em duas grandes categorias, o método da árvore individual e o método da parcela. No primeiro caso, árvores-amostra são eleitas para que determinações diretas (corte e pesagem) de biomassa sejam realizadas. Na segunda, uma determinada unidade de área é predefinida e toda a biomassa ali contida é determinada (SANQUETTA e BALBINOT, 2004). Existem variações metodológicas para o primeiro caso. PARDÉ (1980) relatou que a determinação de biomassa de árvores individuais pode ser efetuada mediante a seleção de uma árvore média (*Meam tree method*). Para se conhecer a árvore média, é preciso realizar um inventário florestal prévio e calcular o

diâmetro médio ou a área seccional ou transversal desta árvore. O autor citou que é muito comum o emprego da árvore de área seccional média (também conhecida como árvore "dg") nesse caso. Uma variação bastante empregada, especialmente para florestas de estrutura mais complexa, é a adoção de árvores representativas por classes diamétricas ao invés de uma única dimensão (árvore média), o que significa dizer que será derrubado e pesado um determinado número de árvores para cada amplitude diamétrica, abrangendo toda a distribuição de classes existentes na floresta. Para isso também é preciso conhecer previamente a distribuição diamétrica da floresta, por meio da realização de inventário florestal.

NEVES *et al.* (2001), estudando a biomassa e o conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra*, concluíram que com referência à biomassa seca total, observa-se que a produção foi de 82,03 Mg ha⁻¹ aos 43 meses e de 166,65 Mg ha⁻¹ aos 55 meses de idade, o que evidencia um acréscimo na biomassa produzida de 2,03 vezes no período de um ano. Em ambas as idades monitoradas, a distribuição da biomassa entre os diferentes compartimentos obedeceu à seguinte ordem decrescente (Mg ha⁻¹): tronco (45,31; 98,52); casca (15,19; 30,52); galhos (14,61; 28,71); folhas + pecíolo (6,92; 8,90), respectivamente aos 43 e 55 meses.

CALDEIRA (2003) verificou que para o ecossistema Floresta Ombrófila Mista Montana a biomassa apresentou um total de 280,73 Mg ha⁻¹, do qual 75% era biomassa acima do solo das árvores com DAP maior do que 10 cm, 14,4% biomassa radicial (até 0,5m de profundidade), 7,8% biomassa acima do solo das árvores com DAP menor do que 10 cm e 2,8% de serapilheira acumulada, onde as maiores produções de biomassa de madeira do fuste e da casca foram em *Araucaria angustifolia* e *Ocotea porosa*. Na produção de biomassa de galhos, a *Ocotea porosa* ocupou o primeiro lugar, e a distribuição relativa da biomassa de cada espécie foi superior nos galhos, seguida de madeira do fuste, casca, folhas e miscelânea.

DRUMOND (1985) encontrou para as árvores de *Liquidambar* em parcelas puras a seguinte distribuição da biomassa: tronco (76,1%), galhos (14,8%), casca (6,8%) e folhas (2,3%). Nas árvores de *Pinus*, a distribuição de biomassa foi tronco (67,8%), casca (14,4%), galhos (9,7%) e folhas (8,1%).

KLINGE e RODRIGUES (1973) estimaram a biomassa fresca acima do nível do solo em 400 Mg ha^{-1} , com base em uma parcela de 0,2 ha tomada em uma área florestal próxima de Manaus (AM). Estima-se que valores estabelecidos para a biomassa vertical em outras regiões da Amazônia estejam em torno de 290 a 900 Mg ha^{-1} (KLINGE e RODRIGUES, 1973). A estimativa da biomassa (peso da matéria seca total) de HIGUCHI e CARVALHO JR. (1994) foi de 436 Mg ha^{-1} , para uma área de 0,2 ha na Estação Experimental de Silvicultura Tropical, utilizando o método de coleta destrutivo.

MARTINELLI *et al.* (1994), usando equações alométricas, estimaram a biomassa viva acima do solo em 284 Mg ha^{-1} para uma área de um hectare na Reserva Ecológica da Usina Hidroelétrica de Samuel, em Porto Velho - Rondônia. A estimativa feita por FEARNSIDE (1994) a partir de dados publicados sobre o volume de madeira de 2.954 ha de levantamentos de inventários florestais, em toda a região amazônica, foi de 428 Mg ha^{-1} de matéria seca (50% da qual é carbono). Entretanto, estes dados apresentam muitas variações. A estimativa mais recente de FEARNSIDE (2000) indica uma média ponderada pela área de cada fisionomia florestal, de 463 Mg ha^{-1} de biomassa total na Amazônia, incluindo fitomassa viva e morta, acima e abaixo do solo. Sua estimativa para biomassa acima do solo é de 354 Mg ha^{-1} . A média para a biomassa abaixo do solo é de 109 Mg ha^{-1} .

Trabalhos realizados por HIGUCHI *et al.* (1998), por exemplo, mostraram que em diferentes simulações com várias intensidades de amostragem, os quatro modelos estatísticos testados no experimento estimaram eficientemente a biomassa, com variação de apenas 5%, concluindo que do peso total de uma árvore, 65,6% e 34,4% correspondem ao tronco e à copa, respectivamente, e a contribuição de cada compartimento da árvore em seu peso total é tronco (65,6%), galho grosso (17,8%), galho fino (14,5%), folhas (2,03%) e flores/frutos (0,01%).

Segundo TEIXEIRA (2003), a biomassa da vegetação é um fator crítico na avaliação do papel das florestas tropicais no aumento da concentração do CO_2 na atmosfera. Quanto maior a quantidade de biomassa, maior será a emissão de gases do

efeito estufa a partir do desmatamento. Contudo, as estimativas de biomassa feitas no Brasil ainda são poucas e de acuracidade incerta.

2.9 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CARBONO

Para TEIXEIRA (2003), quantificar a biomassa que é convertida em CO₂ e outros gases que contribuem para o efeito estufa, pelos diferentes níveis de exploração da floresta tropical e a sua influência nas mudanças climáticas mundiais, é importante para analisar a concentração de nutrientes no organismo vegetal e permite controlar a transferência dos mesmos pela colheita florestal, e, portanto, reduzir os impactos ambientais ocasionados pela exploração madeireira.

De acordo com a Convenção sobre as Mudanças do Clima de 1992, essas informações são essenciais para a avaliação de projetos de desenvolvimento de uma região em relação aos processos de mudanças climáticas globais. Assim, estimar a biomassa individual de espécies florestais é importante porque permite a determinação da biomassa utilizada como estoque de carbono. Isto se dá pelo fato de que a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação.

Segundo TEIXEIRA (2003), as espécies arbóreas empregam grande quantidade de assimilados na construção dos tecidos condutores e de sustentação, correspondendo a cerca de 40% da biomassa vegetal resultante dos estoques de carbono. Vários estudos demonstram que existe uma clara correlação entre o saldo do balanço do carbono e o aumento de matéria seca. O carbono não utilizado na respiração aumenta a matéria seca da planta e pode ser aplicado para o seu crescimento ou reserva, uma vez que as plantas são constituídas em grande parte de carboidratos e estas substâncias são responsáveis por 60% ou até mais de matéria seca, dependendo da espécie.

SOARES e OLIVEIRA (2002), após analisarem as estimativas das quantidades médias de carbono presentes nos fustes (com e sem casca), nos galhos e nas folhas de árvores de eucalipto, constataram que o fuste sem casca representa a parte aérea da árvore com maior quantidade de carbono (83,24%), seguido dos galhos (6,87%), da casca (6,62%) e das folhas (2,48%). Além disto, verificaram uma nítida tendência de

aumento da quantidade de carbono das diferentes partes das árvores com o tamanho das árvores.

TEIXEIRA (2003), ao estudar a eficiência do uso do carbono quando relacionada à taxa de crescimento do fuste, verificou eficiência máxima de 75%, ou seja, no máximo 75% de todo o carbono alocado para os tecidos lenhosos é usado para construção de madeira, isto é, produção de novos tecidos, e que cerca de 25% é utilizado na respiração.

Segundo TEIXEIRA (2003), a avaliação da produção primária líquida está relacionada a incrementos de produção em diâmetro, área basal e volume. Entretanto, a quantidade de CO₂ fixada pelas plantas por unidade de tempo é uma das melhores formas de medida ecofisiológica de produtividade primária, pois ela é a importação de CO₂ para todos os processos biológicos.

ROCHADELLI (2001), estudando a estrutura de fixação de carbono em reflorestamento de bracatinga, verificou que diferentes classes sociais apresentam diferentes quantidades dos constituintes da biomassa, tanto na madeira quanto na casca. Verificou que a concentração de carbono varia em torno de 40 a 45% da biomassa total e que árvores dominadas apresentam maior eficiência na fixação do carbono quando comparadas às árvores dominantes.

HIGUCHI *et al.* (1998), utilizando um banco de dados de 315 árvores, com DAP acima de 5 cm, estimaram que os teores de carbono, para cada compartimento da árvore, são 48% no tronco, 48% nos galhos grossos, 47% nos galhos finos e 39% nas folhas. As taxas das reações de carbono são calculadas com base na média do conteúdo de carbono na biomassa, no total de biomassa acima do solo por hectare e na eficiência de gaseificação do carbono. Esta gaseificação corresponde à porção de carbono que efetivamente reage na produção de gases durante o processo de queimadas e depende, dentre outros fatores, do tipo da floresta, do tipo de exploração e estocagem dos troncos e do conteúdo de umidade na biomassa.

HIGUCHI e CARVALHO Jr. (1994), analisaram várias espécies da Floresta Tropical Úmida Densa de Terra Firme, na região de Manaus – AM e concluíram que o

teor médio de carbono para o tronco é de 48,4%, na liteira 39,3%, para as plântulas 46,5%, mudas 49,3% e 46,8% para os galhos vivos.

BALBINOT *et al.* (2003), realizaram estudos de quantificação de biomassa e carbono em povoamentos de *Pinus taeda* com 5 anos de idade, concluindo que a espécie possui diferentes teores de carbono nos diferentes componentes, variando de 400 a 473 g kg⁻¹, encontrando 473 g kg⁻¹ nas acículas, 430 g/kg nos galhos, 400 g kg⁻¹ na casca, 457 g kg⁻¹ na madeira e 428 g kg⁻¹ nas raízes.

2.10 ESTIMATIVAS DE BIOMASSA

Segundo HUSCH *et al.* (1982) o aumento do uso de medições de peso para produtos florestais desenvolveu uma necessidade de estimar o peso da madeira em árvores em pé. No início dos anos 60, iniciou-se estudos para estimar peso da porção comercial de árvores em pé e o peso da árvore toda.

A porção viva acima do solo, em geral, é onde se concentra a maior parte da biomassa, sendo o componente estimado com maior frequência. A estimativa da biomassa abaixo do solo não é um componente analisado com muita frequência devido ao fato de que este tipo de levantamento é bastante laborioso e, na maioria das vezes, requer grandes investimentos financeiros (CALDEIRA, 2003).

Segundo HUSCH *et al.* (1982), o peso verde ou seco da madeira em pé pode ser estimado de duas maneiras, obtendo o volume individual das árvores de uma tabela de volume convencional ou de medições individuais do fuste, e converter para peso usando uma apropriada relação peso volume. O outro modo é obter o peso das árvores individuais diretamente.

A biomassa de uma árvore expressa em peso pode ser determinada diretamente, por meio da determinação do peso verde de cada componente, e por uma amostra representativa dos componentes, e assim estimar o teor de umidade e calcular o peso seco de cada componente, correlacionando estes valores de biomassa de cada componente da árvore com variáveis de fácil obtenção, como DAP e altura. Obtendo dessa forma a estimativa indireta da biomassa seca de uma árvore (SOARES e HOSOKAWA, 1984).

Segundo SALATI (1994), os métodos indiretos são utilizados para estimar a biomassa de áreas florestais de grande extensão e, dependendo das informações disponíveis, são usadas relações empíricas entre a biomassa e algumas outras variáveis, determinando assim o valor da biomassa seca por hectare para então ser feita uma extrapolação para a área total considerada. O autor ainda comenta que as variáveis normalmente disponíveis nos inventários florestais são DAP, altura e volume, os quais são relacionados com a biomassa de alguma forma.

A biomassa está relacionada com certas características da árvore, como o diâmetro a 1,30 m e a altura da árvore. Diversos modelos de regressão têm sido empregados na sua estimativa, utilizando estas duas variáveis independentes. A expressão da massa seca como variável dependente é desejável, pois serve de base comparativa dentro de uma espécie e entre espécies, sendo que a massa verde varia com o teor de umidade da madeira (CAMPOS *et al.*, 1992).

SILVA (1996) destacou a alta correlação que o DAP apresenta com o peso dos componentes das árvores, atingindo um coeficiente de determinação (R^2) maior do que 0,95 e distribuição de resíduos aceitáveis para os modelos ajustados. Afirmou também que devido a menor correlação do DAP com os pesos dos galhos e das folhas, faz-se necessário o seu uso na forma quadrática e associado com a altura total para composição do modelo matemático.

ROSOT (1980), estudando *Pinus taeda*, verificou que as variáveis que apresentavam maior correlação simples com a variável peso de madeira seca em ordem decrescente foram o DAP com casca, a altura comercial e a altura total.

STOREY *et al.* (1955), pesquisando o peso seco das copas, galhos e folhagem de 211 árvores, representando 13 espécies de coníferas localizadas em quatro sítios distintos, encontraram melhor correlação desses parâmetros com o diâmetro do tronco na base da copa viva. ZAVITKIVSKI (1971), trabalhando com árvores do gênero *Aspen*, também considerou o diâmetro do tronco na base da copa como o melhor estimador do peso seco das copas. Entretanto a variável diâmetro à altura do peito (DAP), só ou como componente da variável combinada, é a que surge com maior

freqüência nos trabalhos de pesquisa como estimador do peso de todos os componentes das árvores.

BROWN (1965), usando dados coletados em *Pinus resinosa* e *Pinus banksiana*, concluiu que o DAP é a melhor variável simples para estimar o peso das copas das árvores, e que a combinação do DAP mais o comprimento da copa multiplicado pelo DAP aumentou a acuidade das estimativas.

SANQUETTA e BALBINOT (2004) relataram que estudos no Japão sobre biomassa florestal têm principalmente envolvido o uso extensivo de alometria entre as diferentes dimensões de uma árvore em conjunto com determinações por meio da técnica de dissecação. Segundo os autores, a lei da alometria formula a relação entre duas dimensões, e para biomassa é:

$$y = AxK$$

onde:

y = variável resposta;

x = variável explicativa;

A e K = constantes específicas.

Segundo os mesmos autores, essa relação é universal e geralmente válida para qualquer relação entre as frações de biomassa, podendo ser usada para estimativa da biomassa do fuste, de galhos e outras partes, mas neste caso as relações de dependência são menos estáveis, alterando-se com características intrínsecas da floresta.

SANQUETTA *et al.* (2001) testaram os seguintes modelos para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, em povoamentos florestais no sul do Estado do Paraná, Brasil:

$$P = b_0 + b_1 d + b_2 d$$

$$P = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 h$$

$$P = b_0 + b_1 d + b_2 d^2 + b_3 (d^2 h)$$

$$P = b_0 + b_1 d^2 + b_2 d^2 h$$

$$P = b_0 + b_1 d + b_2 h$$

$$P = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$$

$$P = b_0 d^{b_1} h^{b_2}$$

onde:

P = peso seco dos componentes (kg);

d = diâmetro à altura do peito (cm);

h = altura total (m);

b_0, b_1, \dots, b_n = coeficientes estimados por regressão.

Os ajustes variaram de bons a razoáveis, dependendo da relação entre as variáveis. As equações para fuste sempre foram as de melhor ajuste, com erros padrão da estimativa percentuais quase sempre inferiores a 15% do valor da média estimada e coeficientes de determinação superiores a 0,9. Os métodos indiretos obviamente não podem ser utilizados sem o ajuste e a calibragem prévia das equações. Portanto, os métodos indiretos devem ser empregados conjuntamente com os métodos diretos. No ajuste de equações deve-se ter o cuidado sempre de avaliar com cuidado as melhores equações, por meio das estatísticas indicadoras de qualidade de ajuste (S_{yx} , R^2), além de um exame gráfico do comportamento dos resíduos.

Para a estimativa do peso verde do tronco de *Pinus taeda* na Carolina do Sul, TARAS (1974) usou o DAP e a altura comercial, no seguinte modelo:

$$y = a + b (d^2 h_c).$$

PINHEIRO (1980), trabalhando com *Pinus caribea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* na região de Sacramento, MG, testou 15 variáveis independentes para estimar o peso dos diversos componentes das copas, concluiu ser o DAP a variável simples mais eficiente para todas as estimativas em ambas as espécies.

HUSCH (1962) desenvolveu três relações de peso para estimar o peso de madeira seca da porção comercial do fuste de árvores em pé de “White Pine” (*Pinus strobus*) no sudoeste do Estado de New Hampshire. O mesmo autor fez um estudo similar de peso verde de “Red Pine” (*Pinus resinosa*) no Estado de New York. Outros estudos realizados por SCHROEDER, TARAS, e CLARK (1975), produziram uma predição de pesos para o fuste em diferentes tamanhos de diâmetro, estimaram o peso do resíduo da casca e outros componentes.

SOARES e HOSOKAWA (1984), trabalhando com *Mimosa scabrella* Benth, testaram 22 modelos para estimativa do peso seco dos componentes das árvores, utilizando como variáveis independentes o DAP, a altura total e a altura comercial. As árvores para esse trabalho foram coletadas nos municípios de Almirante Tamandaré, Campo do Tenente e General Carneiro, onde foram amostradas 72 árvores distribuídas por classes diamétricas. O melhor modelo foi escolhido com base no coeficiente de determinação e no erro padrão da estimativa. Dentre os modelos testados na estimativa de cada variável dependente, foram escolhidos três para apresentação final dos resultados: o que utiliza apenas o diâmetro como variável independente, o que utiliza o diâmetro e a altura total e o modelo que apresentou melhor ajuste. As equações recomendadas para estimativa do peso seco dos principais componentes das árvores de bracatinga e que são baseadas apenas na variável DAP foram:

Para o tronco

$$\log p_s = -0,7064 + 2,0356 \log d \quad (R^2 = 0,863)$$

Para a copa

$$\log p_s = -1,8869 + 2,7953 \log d \quad (R^2 = 0,817)$$

Para a árvore inteira

$$\log p_s = -0,7989 + 2,2966 \log d \quad (R^2 = 0,924)$$

As equações baseadas na variável DAP e altura total que apresentaram maior acuidade na estimativa foram:

Para o tronco

$$\log p_s = -1,8197 + 1,5760 \log d + 1,4858 \log h_t \quad (R^2 = 0,930)$$

Para a copa

$$\log p_s = -1,0659 + 3,1343 \log d - 1,0958 \log h_t \quad (R^2 = 0,835)$$

Para a árvore inteira

$$\log p_s = -1,2522 + 2,1095 \log d + 0,6051 \log h_t \quad (R^2 = 0,934)$$

As equações que apresentaram melhor ajuste foram:

Para o tronco

$$p_s = 1,1685 + 0,0263 d + 0,0313 d^2 h_f - 0,0157 d h_f^2 + 0,0734 h_f^2$$

($R^2 = 0,931$)

Para a copa

$$\log p_s = -1,5627 + 2,6222 \log d + 0,1233 \log^2 d + 0,4676 \log h_f - 0,9070 \log^2 h_f$$

($R^2 = 0,880$)

Para a árvore inteira

$$\log p_s = -5,1038 + 0,0412 \log d + 1,0588 \log^2 d + 9,7241 \log h_t - 4,2761 \log^2 h_t$$

($R^2 = 0,943$)

onde:

p_s = peso seco em quilogramas;

d = diâmetro à altura do peito em centímetros;

h_t = altura total em metros;

h_f = altura fuste (comercial) em metros.

SCOLFORO *et al.* (1993), testaram vários modelos tradicionais e outros modelos obtidos pelo método de seleção “stepwise” para estimativa da biomassa do fuste e total de 179 plantas do cerrado, usando como variáveis o CAP, a altura do fuste e a altura total. Dentre os modelos testados, os que tiveram melhor desempenho foram os obtidos pelo método “stepwise”, sendo que os modelos tradicionais não tiveram bom desempenho.

BAGGIO *et al.* (1994), estudando a biomassa por classe de diâmetro dos componentes lenha, galhos, biomassa verde e biomassa total de bracatingais em idade de corte (sete anos) para algumas localidades da região metropolitana de Curitiba, testaram os seguintes modelos:

$$Y = a + b d^2$$

$$Y = a + b d^2 h$$

$$Y = a d^2$$

$$Y = a d^2 h$$

$$Y = a d^b$$

onde:

Y = Peso seco em quilogramas;

a e b = coeficientes dos modelos;

h = altura total em metros;

d = diâmetro à altura do peito em centímetros.

Dentre os cinco modelos para estimativa de biomassa analisados, e para o conjunto de dados utilizados neste estudo, a equação potencial mais adequada para estimar o peso seco de árvores individuais de bracatinga em todas as frações da biomassa aérea foi:

$$Y = a d^b$$

Este modelo apresentou os seguintes coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa em porcentagem (S_{yx} %):

Lenha ----- $R^2 = 0,98$ e $S_{yx} \% = 17,5$

Galhos ----- $R^2 = 0,99$ e $S_{yx} \% = 44,8$

Biomassa verde ---- $R^2 = 0,92$ e $S_{yx} \% = 38,6$

Biomassa total ----- $R^2 = 0,98$ e $S_{yx} \% = 17,7$

No entanto, recomendaram que as equações determinadas para as frações galhos e biomassa verde devem ser usadas com reserva, pelo baixo nível de acuidade apresentado.

FRANCO (1996) ajustou as equações linear simples e múltipla para *Eucalyptus camaldulensis*, e verificou que a biomassa total e comercial, com e sem casca pode ser

estimada com eficiência pela equação linear múltipla, pela equação linear múltipla associada à relação hipsométrica e pelo método dos dois diâmetros. O método da equação linear simples mostrou-se eficiente para estimar a biomassa total com e sem casca e a biomassa comercial sem casca. A estimativa da biomassa pode ser obtida a custos sensivelmente mais baixos e com a mesma eficiência do que pelos métodos baseados em diâmetro e altura, quando se faz uso do método dos dois diâmetros e da relação hipsométrica, associada à equação linear múltipla.

SILVA (1996), trabalhando com *Eucalyptus grandis* ajustou alguns modelos para estimar a biomassa da casca, tronco, galhos, folhas e alburno, obtendo coeficientes de determinação variando de 0,93 para as folhas e 0,99 para o tronco aos três anos de idade, com erro padrão da estimativa variando de 26,93% para as folhas e 4,50% para as cascas aos sete anos de idade.

WENDLING (1998) ajustou modelos para estimativa de biomassa para *Euterpe edulis* Mart. utilizando o DAP e o D²H como variáveis independentes melhores correlacionadas com o peso verde das palmeiras, bem como com o creme comestível do palmito.

ROCHADELLI (2001), trabalhando com bracinga ajustou os seguintes modelos para estimativa de biomassa:

$$p_s = b_0 + b_1 d$$

$$p_s = b_0 + b_1 d^2 h$$

$$p_s = b_0 + b_1 \ln d^2 h$$

$$p_s = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln h$$

onde:

p_s = peso seco em quilograma;

d = diâmetro à altura do peito em centímetro;

h = altura em metro;

\ln = logaritmo natural;

b_0, b_1, \dots, b_n = coeficientes dos modelos a serem ajustados.

Observou o autor que os modelos ajustados apresentaram elevados coeficientes de determinação (R^2), variando entre 0,98 e 0,99 com baixos valores no que se refere ao erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx}\%$), entre 8,25 e 12,56.

HUSCH *et al.* (1982) relataram que tem sido dada atenção para a produtividade total da floresta em termos de biomassa das árvores por unidade de área. Outros estudos do peso de árvores têm-se concentrado sobre estimativas do peso dos componentes da copa de árvores e povoamento, e o peso do combustível florestal para determinar o perigo de fogo. Para SANTOS *et al.* (2004), a estimativa de biomassa acima do solo é imprescindível aos estudos do balanço global de carbono.

2.11 ESTIMATIVAS DO PESO DO CARBONO

Do ponto de vista prático, a determinação da quantidade de carbono fixada depende da magnitude da variável biomassa, a qual precisa ser estimada de forma fidedigna, caso contrário não haverá consistência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais. Estudos do conteúdo de carbono em florestas vêm sendo desenvolvidos recentemente e a maioria versa sobre amostragem destrutiva da biomassa e ajuste de modelos alométricos para sua estimativa. A quantificação das frações raiz, tronco e folha se revestem de grande importância e, metodologias de amostragem e modelagem para sua inferência, tornam-se prioritárias (MAESTRI *et al.*, 2004).

Assim, tornou-se muito importante a geração de informações mais acuradas quanto aos teores de carbono nas diferentes espécies e em diferentes regimes de manejo, visando esse mercado emergente que vê a floresta como potencial fixadora de carbono. Deve-se ressaltar, portanto, que estudos de fixação de carbono sem uma avaliação fidedigna de biomassa e sem um trabalho sério de inter-relação entre as distintas frações da mesma com os teores de carbono conduzem a informações sem valor científico (SANQUETTA, 2002).

SOARES e OLIVEIRA (2002), estudando equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Estado de Minas Gerais, ajustaram o modelo:

$$y = ad^b h_t^c \rightarrow \text{Schumacher e Hall}$$

Resultando os seguintes coeficientes de determinação (R^2) e erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) para os componentes:

fuste sem casca ----- $R^2 = 0,99$ e $S_{yx} \% = 16,30$

fuste com casca ----- $R^2 = 0,99$ e $S_{yx} \% = 14,98$

galhos ----- $R^2 = 0,89$ e $S_{yx} \% = 39,37$

folhas ----- $R^2 = 0,86$ e $S_{yx} \% = 57,33$

RESENDE (2002), estudando o Cerrado *Sensu Stricto*, ajustou os seguintes modelos para estimar a biomassa seca e o estoque de carbono:

1) $y = b_0 + b_1 (d_b^2 h_t)$ \rightarrow Modelo da variável combinada de Spurr

2) $y = b_1 d_b^2 + b_2 d_b^2 h_t + b_3 d_b h_t^2 + b_4 h_t^2$ \rightarrow Modelo de Naslund

3) $y = d_b^2 (b_0 + b_1 h_t)$ \rightarrow Modelo de Ogaya

4) $y = b_1 d_b^2 h_t$ \rightarrow Modelo do fator de forma constante

5) $y = b_0 d_b^{b_1} h_t^{b_2}$ \rightarrow Modelo de Schumacher & Hall

6) $y = b_0 (d_b^2 h_t)^{b_1}$ \rightarrow Modelo logaritmo de Spurr

7) Método de seleção "Stepwise"

onde:

$y =$ Biomassa seca (kg ha^{-1}) ou estoque de carbono (ton ha^{-1}):

$d_b =$ Diâmetro da base (cm);

$h_t =$ Altura total (m);

$b_0, b_1, \dots, b_n =$ Coeficientes dos modelos.

Dentre os modelos testados o que apresentou o melhor desempenho foi o modelo número 4, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,98 e erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) de 26,01, tanto para biomassa quanto para estoque de carbono. Foi considerado como teor médio de carbono o valor de 50% da biomassa seca.

As equações estimativas de carbono, matematicamente envolvem os mesmos modelos usados nas estimativas de peso seco com as mesmas variáveis independentes, sendo o peso do carbono a variável dependente nos modelos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados dados provenientes de bracatingais nativos da Região Metropolitana de Curitiba, coletados principalmente na região norte onde há maior ocorrência (Figura 1).

Segundo o sistema da classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, que corresponde ao clima temperado, 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).

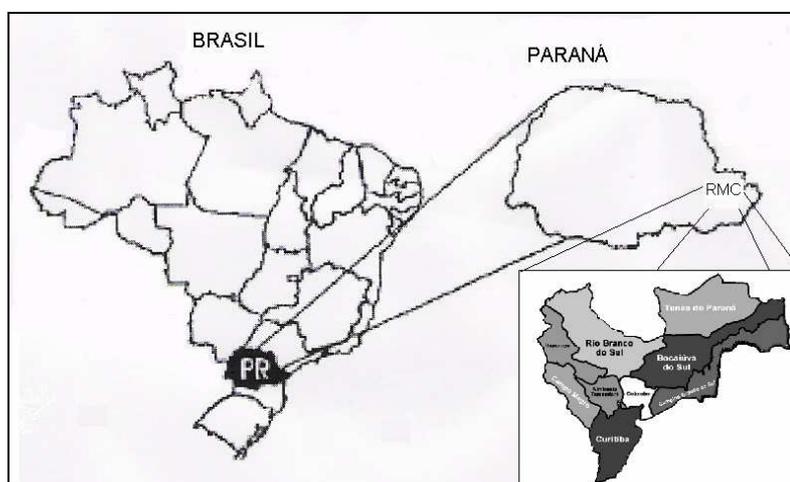


FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

A região de estudo, apresenta relevo predominantemente ondulado a fortemente ondulado. Os solos, na maioria, são cambissolos álicos, com diferentes graus de profundidade e fertilidade, e em regra, são solos pobres, pouco desenvolvidos, ácidos, com teores elevados de alumínio e baixa saturação de bases.

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados para o ajuste das funções para estimar a biomassa da bracatinga, vieram de uma amostra de 194 árvores distribuídas em classes de idades e classes de diâmetros e originárias de diversas localidades dos municípios da região metropolitana de Curitiba, no Estado do Paraná, Brasil (Figura 1). A metodologia usada para obtenção da biomassa foi segundo SANQUETA (2002), e SANQUETTA e BALBINOT (2004). Para obtenção da biomassa seca, e do carbono de cada componente procedeu-se como descrito a seguir.

NO CAMPO:

- Escolheram-se árvores representativas por classes de idade e por classe de DAP;
- Mediu-se o diâmetro de copa (duas medições transversais) como mostra a Figura 2;



FIGURA 02 - MEDIDAS TRANSVERSAIS DA COPA DA ÁRVORE.

- Mediu-se e marcou-se o DAP de cada árvore (Figura 3);



FIGURA 03 - MEDIÇÃO E MARCAÇÃO DO DAP.

- Derrubaram-se as árvores (Figura 4);



FIGURA 04 - DERRUBADA DA ÁRVORE COM MOTOSSERRA.

- Mediram-se a altura total, a altura do fuste e a altura de copa com uma trena;

- Seccionaram-se as árvores em componentes (Figura 5);



FIGURA 05 - ÁRVORE SEPARADA EM COMPONENTES.

- Pesou-se cada componente em balança de vara (Figura 6);



- Recolheram-se e pesaram-se amostras de cada componente (Figura 7);
 - ✓ 1 amostra a 50 cm acima da base da árvore;
 - ✓ 1 amostra a 50 cm abaixo do Ponto de Inversão Morfológica;
 - ✓ 1 amostra na metade do fuste (50% da altura do fuste);
 - ✓ 1 amostra no centro de cada galho com diâmetro maior do que 4 cm;
 - ✓ 1 amostra média dos galhos com diâmetro menor do que 4 cm;
 - ✓ 1 amostra da folhagem;



FIGURA 07 - PESAGEM DAS AMOSTRAS DE CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES.

NO LABORATÓRIO:

- Fracionaram-se as amostras para favorecer a secagem (Figura 8);



FIGURA 08 - FRACIONAMENTO DAS AMOSTRAS EM TAMANHOS MENORES.

- Colocaram-se as amostras em sacos de papel para secar em estufa de ventilação até peso constante (± 48 horas à 103°C) conforme mostra a Figura 9;



FIGURA 09 - AMOSTRAS EM SACOS DE PAPEL SECANDO EM ESTUFA.

- Pesaram-se as amostras secas em balança eletrônica (Figura 10);



FIGURA 10 - PESAGEM DAS AMOSTRAS SECAS.

- Trituraram-se as amostras secas de cada componente em moinho de facas e posteriormente foram embaladas em frascos plásticos e etiquetadas (Figura 11);



MOINHO DE FACAS



AMOSTRAS ACONDICIONADAS E ETIQUETADAS

FIGURA 11 - MOINHO E AMOSTRAS TRITURADAS.

- Análise do teor de carbono (Figura 12).



ANALISADOR DE CARBONO



AMOSTRAS PARA ANÁLISE

FIGURA 12 - ANALISADOR DE CARBONO E AMOSTRAS ANTES DAS ANÁLISES.

Os pesos secos de cada componente das árvores foram obtidos por simples consideração do percentual do peso seco sobre o peso verde obtido após a secagem das amostras. O peso seco total foi obtido somando os pesos de todos os componentes e o peso seco da lenha obteve-se pela soma do peso do componente fuste com o peso dos galhos maiores ou igual a 4 cm de diâmetro. Os percentuais de biomassa das amostras de cada componente foram calculados com base na relação: Percentual de matéria seca = $(\text{Peso seco} / \text{Peso verde}) * 100$.

Os teores de carbono foram obtidos com base em análises feitas nas amostras retiradas das primeiras 55 árvores coletadas, distribuídas em classes de diâmetro e classes de idades, originárias de várias localidades. Depois de secas em estufas as amostras foram moídas em um moinho de facas e submetidas às análises de carbono total, utilizando-se o método de combustão no aparelho analisador de carbono Leco C144, no Laboratório de Inventário Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da UFPR. Essa análise consiste em introduzir uma pequena amostra no reator do aparelho, onde todo o carbono é convertido em dióxido de carbono, medido diretamente no detector infravermelho que relaciona com a quantidade de carbono existente na amostra, em porcentagem.

Os pesos de carbono de cada componente das 55 árvores amostradas foram obtidos por simples consideração do percentual de carbono sobre o peso seco dos componentes. O peso de carbono total foi obtido somando o peso dos componentes e o peso de carbono na lenha foi obtido pela soma do peso de carbono do fuste com o peso de carbono dos galhos maiores ou igual a 4 cm de diâmetro. Para as demais árvores amostradas (56 a 194) considerou-se o teor médio de carbono para cada componente na obtenção do peso de carbono fixado.

3.3 MATRIZ DE CORRELAÇÃO

Com os dados das 194 árvores gerou-se um conjunto de variáveis a partir das combinações e transformações das variáveis originais, resultando desta forma um total de 24 variáveis que foram correlacionadas com as variáveis de peso seco da biomassa e peso de carbono fixado. Posteriormente estas variáveis foram usadas no método de seleção “forward” e na composição das demais equações ajustadas.

3.4 ANÁLISE QUANTITATIVA DA BIOMASSA E DO CARBONO

Após a obtenção das porcentagens de matéria seca e de carbono dos componentes das árvores, submeteram-se os dados a uma análise estatística. Primeiramente

analisou-se para o total dos dados, onde cada componente foi considerado um tratamento e cada amostra uma repetição. Em seguida separaram-se as 194 árvores amostradas em classes de diâmetro e em classes de idades, cada classe foi considerada como um tratamento com diferentes números de repetições e analisou-se cada componente separadamente.

Os tratamentos formados foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias, análise de variâncias (inteiramente casualizado) e teste de comparação de médias de Tukey. Para os tratamentos formados pelas classes de idade dos percentuais dos componentes, não se aplicou o teste de comparação de médias devido a não existência de independência entre os dados de idade, ou seja, um percentual obtido numa determinada idade está fortemente correlacionado com o percentual obtido na idade seguinte. Neste caso usou-se análise de regressão para verificar as tendências dos dados e a correlação entre as idades e os percentuais observados.

3.5 ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DO CARBONO

Foram testados vários modelos matemáticos compostos das variáveis obtidas em campo e suas múltiplas combinações e pelo método de seleção “forward”; esses modelos foram ajustados visando à obtenção dos coeficientes de regressão, das estatísticas de comparação e a construção dos gráficos de resíduos.

Os modelos foram testados utilizando-se das seguintes variáveis de fácil obtenção: diâmetro à altura do peito (d), altura total (h), altura do fuste (hf), altura de copa (hc), diâmetro de copa (dc) e a combinação destas variáveis.

Basicamente os mesmos modelos matemáticos utilizados para estimativa da biomassa foram testados para a estimativa da quantidade de carbono fixado. Todos estes modelos foram testados separadamente para cada um dos componentes das árvores, bem como para a árvore inteira. Ajustou-se 20 equações, 10 aritméticas e 10 logarítmicas, sendo uma de cada obtida pelo método de seleção “Forward”. Os modelos ajustados são mostrados na Tabela 1.

TABELA 01 - MODELOS UTILIZADOS NO AJUSTE DAS EQUAÇÕES ESTIMATIVAS DO PESO SECO DA BIOMASSA E DO PESO DE CARBONO DE CADA COMPONENTE ANALISADO NAS ÁRVORES DE BRACATINGA.

Nº	ARITIMETICA	LOGARITMICA
1	$p = b_0 + b_1d$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d$
2	$p = b_0 + b_1d^2$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d^2$
3	$p = b_0 + b_1d^3$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d^3$
4	$p = b_0 + b_1d + b_2h$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln h$
5	$p = b_0 + b_1d + b_2hf$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d + b_2 \ln hf$
6	$p = b_0 + b_1d^2h$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d^2h$
7	$p = b_0 + b_1d^2hf$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d^2hf$
8	$p = b_0 + b_1dc$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln dc$
9	$p = b_0 + b_1d^2 + b^2dc$	$\ln p = b_0 + b_1 \ln d^2 + b_2 \ln dc$
10	“Forwarder”	“Forwarder”

3.6 SELEÇÃO DA MELHOR EQUAÇÃO

A seleção do melhor modelo foi baseada nos seguintes critérios de escolha: coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), erro padrão da estimativa em porcentagem ($Syx\%$) e análise gráfica dos resíduos em porcentagem.

3.6.1 Coeficiente de Determinação Ajustado

Coeficiente de determinação (R^2) varia no intervalo de $0 \leq R^2 \leq 1$ e indica a proporção da variação da variável dependente que é explicada pela regressão ajustada. O coeficiente de determinação é dado pela expressão:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

onde:

y_i = valor real de cada observação;

\hat{y}_i = valor estimado de cada observação;

\bar{y} = média aritmética real;
n = número de observações.

Para comparar equações com diferente número de variáveis utilizou-se o coeficiente de determinação ajustado, o qual pondera o R^2 pelos graus de liberdade da regressão (numerador) e dos graus de liberdade totais (denominador), pela expressão:

$$R_{aj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p}$$

onde:

p = número de coeficientes incluindo b_0 ;
n = número de observações.

3.6.2 Erro Padrão da Estimativa em Porcentagem

O erro padrão da estimativa é uma medida da dispersão média entre os valores observados e estimados pela equação de regressão e quanto menor o seu valor maior acuidade da equação. Portanto na comparação entre equações, aquela que apresentar o menor valor é considerada a melhor. O erro padrão da estimativa foi obtido pela seguinte expressão:

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - p)}}$$

onde:

y_i = valor real de cada observação
 \hat{y}_i = valor estimado de cada observação
n = número de observações
p = número de coeficientes de cada equação, incluindo b_0 .

Posteriormente o erro padrão da estimativa foi transformado em unidades relativas, pela fórmula:

$$S_{yx} \% = \frac{S_{yx}}{\bar{y}} \cdot 100$$

onde:

S_{yx} = erro padrão da estimativa;

\bar{y} = média aritmética real da variável dependente.

Como os modelos ajustados apresentam-se nas formas aritméticas e logarítmicas e estas não são comparáveis diretamente, foi necessário recalcular as estimativas para a variável peso que sofreu transformação logarítmica, e teve suas estimativas sujeitas à discrepância logarítmica. Por isso antes do recálculo do erro padrão da estimativa, deve-se corrigir esta discrepância logarítmica multiplicando o valor estimado de cada árvore pelo fator de correção e só então fazer o cálculo para obtenção do S_{yx} recalculado. Foi utilizado o fator de correção de Meyer:

$$\text{Fator de Meyer} = e^{0,5 (S_{yx}^2)}$$

onde:

$$e = 2,718281828$$

S_{yx} = erro padrão da estimativa.

3.6.3 Análise Gráfica dos Resíduos

Mesmo sendo as estimativas de ajuste bons indicadores para a escolha da melhor equação, têm-se como indispensável à análise gráfica de resíduos para a escolha em questão, pois permite detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo da linha de regressão, se os resíduos são independentes ou se há homogeneidade na variância. De acordo com DRAPER e SMITH (1980) o uso dos resíduos na forma relativa (percentagem), em função da variável dependente estimada, é o mais adequado para se ter uma melhor noção da dimensão das sub ou superestimativas do valor real e a comparação entre os diversos modelos ajustados.

Como a avaliação gráfica é subjetiva, esta deve ser utilizada em conjunto com as estatísticas citadas anteriormente.

Para verificar a possível existência de tendenciosidade realizou-se a análise gráfica de resíduos em porcentagem. Espera-se como adequado que a equação produza resíduos independentes, média igual a zero e variância constante (DRAPER e SMITH, 1980). Os resíduos foram calculados a partir da seguinte expressão:

$$\text{Resíduo \%} = \left(\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right) \cdot 100$$

onde:

y_i = peso real para cada observação;

\hat{y}_i = peso estimado para cada observação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RELAÇÕES QUANTITATIVAS ENTRE VARIÁVEIS

4.1.1 Percentuais dos Pesos dos Componentes em Relação ao Peso Total das Árvores

A Tabela 02 mostra o percentual de quanto o peso seco de cada componente representa em relação ao peso seco total das árvores amostradas, com os respectivos valores máximos, mínimos e médios e a variação entre eles. Estes valores foram obtidos para cada componente individualmente, tomando-se como referência o peso total de cada árvore e fazendo a proporção por componente para todas as árvores amostradas. Posteriormente calcularam-se os índices estatísticos.

TABELA 02 - ESTATÍSTICAS PARA A PROPORÇÃO PERCENTUAL DOS PESOS SECOS DOS COMPONENTES EM RELAÇÃO AO PESO TOTAL DAS ÁRVORES.

Estatísticas	Componentes				
	Fuste	Galhos ≥ 4	Galhos < 4	Folhas	G. Mortos
Mínimo	35,25	1,12	0,94	1,26	0,28
Média	69,82	11,51	9,28	5,57	3,83
Máximo	96,36	47,78	50,75	24,43	20,11
Coefficiente de Variação %	17,88	68,00	78,51	47,95	65,70

Na Tabela 02 o cálculo da média está ponderado para a soma total dos percentuais dos pesos de todos os componentes e de todas as árvores amostradas, somando os componentes 100% do peso da árvore. As demais estatísticas foram calculadas com base no peso individual de cada componente, não tendo relação uma com as outras. Observando-se a Tabela 02, verifica-se que os pesos dos fustes dentre os pesos dos demais componentes têm maior representabilidade e menor coeficiente de variação, com uma média de 69,85% do peso total das árvores e com um coeficiente de variação de 17,88%.

WATZLAWICK (2003), em uma Floresta Ombrófila Mista Montana, em General Carneiro, Estado do Paraná, encontrou na biomassa seca total 50,52% de biomassa seca no fuste, 45,01% nos galhos vivos, 1,16% nos galhos mortos, 2,40 % nas folhas e 0,97 % na porção denominada miscelânea.

Observa-se pelos resultados obtidos para a bracatinga e os encontrados por WATZLAWICK (2003) que a formação florestal tem grande influencia na proporção que cada componente tem em relação ao peso total das árvores, mostrando que por a bracatinga formar povoamentos quase puros e densos a proporção do fuste apresenta-se maior do que árvores numa Floresta Ombrófila Mista, por consequência as proporções relacionadas a galhos e folhas apresentam uma proporção menor.

4.1.2 Correlação Simples Entre Variáveis

Com base nos dados obtidos das árvores em campo e das amostras em laboratório, calcularam-se os valores dos pesos secos de cada componente e do peso seco total e do peso seco da porção lenha de cada árvore. Posteriormente fez-se a correlação entre as variáveis de peso seco com as variáveis: diâmetros a altura do peito - DAP (d), altura total (h), altura do fuste (hf), altura de copa (hc) e diâmetro de copa (dc) e suas combinações.

Na Tabela 03 verifica-se que para o peso seco do fuste as variáveis melhores correlacionadas foram o DAP, tanto na sua forma natural quanto na sua forma quadrática, com as alturas do fuste e altura total. Essa correlação entre as variáveis também ocorre para o peso seco da porção lenha e para o peso seco total. Já para os componentes galhos maiores ou igual a 4 cm, galhos menores do que 4 cm e folhas as melhores correlações ocorreram pela combinação do DAP, tanto na sua forma natural quanto na sua forma quadrática, com as variáveis diâmetro de copa e altura de copa. Este comportamento é explicado pela grande heterogeneidade no tamanho e composição das copas das árvores de bracatinga, causando uma grande variabilidade no peso de cada componente e afetando diretamente a correlação deste com as variáveis DAP e altura total.

TABELA 03 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA ARITMÉTICA.

VARIÁVEIS	FUSTE	GALHO ≥ 4	GALHO < 4	FOLHA	TOTAL	LENHA
d	0,95	0,81	0,80	0,82	0,95	0,95
h	0,79	0,51	0,50	0,51	0,70	0,71
h _f	0,49	0,05	0,14	0,15	0,31	0,32
h _c	0,51	0,67	0,53	0,53	0,60	0,59
d _c	0,84	0,74	0,80	0,82	0,86	0,84
d ²	0,95	0,87	0,82	0,82	0,98	0,98
h ²	0,80	0,51	0,49	0,50	0,70	0,71
h _f ²	0,49	0,04	0,15	0,15	0,31	0,32
h _c ²	0,51	0,72	0,53	0,55	0,62	0,61
d _c ²	0,82	0,78	0,83	0,84	0,86	0,85
dh	0,97	0,78	0,74	0,75	0,94	0,94
dh _f	0,93	0,55	0,61	0,61	0,82	0,83
dh _c	0,84	0,92	0,76	0,79	0,92	0,91
dd _c	0,91	0,86	0,86	0,87	0,95	0,94
d ² h	0,97	0,85	0,76	0,77	0,97	0,98
d ² h _f	0,98	0,70	0,69	0,68	0,91	0,93
d ² h _c	0,87	0,95	0,78	0,80	0,95	0,95
d ² d _c	0,89	0,88	0,85	0,86	0,95	0,94
d _c ² h	0,87	0,79	0,80	0,81	0,88	0,88
d _c ² h _f	0,88	0,65	0,73	0,72	0,82	0,83
d _c ² h _c	0,78	0,88	0,82	0,84	0,86	0,85
d _c h _f	0,87	0,54	0,65	0,65	0,78	0,78
d _c h	0,90	0,74	0,76	0,78	0,88	0,88
d _c h _c	0,79	0,87	0,79	0,81	0,86	0,85

Onde: d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); h_f = altura do fuste (m); h_c = altura de copa (m); d_c = diâmetro de copa (m).

TABELA 04 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA LOGARÍTMICA.

VARIÁVEIS	FUSTE	GALHO ≥ 4	GALHO < 4	FOLHA	TOTAL	LENHA
ln d	0,98	0,90	0,82	0,92	0,99	0,99
ln h	0,86	0,67	0,63	0,68	0,83	0,84
ln h _f	0,65	0,01	0,21	0,44	0,54	0,58
ln h _c	0,36	0,81	0,59	0,39	0,46	0,42
ln d _c	0,89	0,84	0,83	0,90	0,92	0,91
ln d ²	0,98	0,90	0,82	0,92	0,99	0,99
ln h ²	0,86	0,67	0,63	0,68	0,83	0,84
ln h _f ²	0,65	0,01	0,21	0,44	0,54	0,58
ln h _c ²	0,36	0,81	0,59	0,39	0,46	0,42
ln d _c ²	0,89	0,84	0,83	0,90	0,92	0,91
ln dh	0,98	0,88	0,80	0,88	0,98	0,98
ln dh _f	0,97	0,68	0,67	0,83	0,93	0,94
ln dh _c	0,82	0,95	0,84	0,79	0,88	0,86
ln dd _c	0,95	0,90	0,85	0,93	0,97	0,96
ln d ² h	0,98	0,89	0,81	0,90	0,99	0,99
ln d ² h _f	0,99	0,80	0,74	0,88	0,97	0,98
ln d ² h _c	0,90	0,95	0,86	0,87	0,95	0,93
ln d ² d _c	0,96	0,91	0,85	0,93	0,98	0,98
ln d _c ² h	0,92	0,85	0,83	0,90	0,94	0,93
ln d _c ² h _f	0,94	0,78	0,78	0,89	0,93	0,93
ln d _c ² h _c	0,85	0,91	0,86	0,86	0,90	0,88
ln d _c h _f	0,94	0,70	0,72	0,86	0,92	0,92
ln d _c h	0,93	0,86	0,83	0,89	0,95	0,94
ln d _c h _c	0,79	0,92	0,85	0,81	0,85	0,83

Onde: ln = logaritmo neperiano; d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); h_f = altura do fuste (m); h_c = altura de copa (m); d_c = diâmetro de copa (m).

Segundo ROSOT (1980), resultados semelhantes foram obtidos por outros pesquisadores, onde a variável independente mais correlacionada com o peso é D^2H . Este mesmo autor estudando *Pinus taeda* verificou que as variáveis que apresentavam maior correlação simples com a variável peso de madeira seca foi o DAP com casca.

Na Tabela 04 onde as variáveis analisadas estão na forma logarítmica, observa-se o mesmo comportamento ocorrido com as variáveis na forma aritmética. Todavia, os coeficientes de correlação são maiores do que os coeficientes de correlação obtidos para as variáveis na forma aritmética, devido à diminuição da escala dos dados que os torna mais homogêneos.

Para as variáveis de peso de carbono de todos os componentes observa-se nas Tabelas do Anexo 01 e 02, que ocorre o mesmo comportamento das variáveis de peso seco, devido à proporção guardada entre a biomassa seca e o carbono fixado nos componentes.

4.1.3 Percentual de Matéria Seca para o Total dos Dados

A Tabela 05 mostra as estatísticas para os percentuais de matéria seca dos componentes das árvores. São apresentados os valores máximos, médios, mínimos, os valores de variância, e coeficiente de variação em porcentagem para cada componente das 194 árvores analisadas como um todo.

TABELA 05 - ESTATÍSTICAS DO PERCENTUAL DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES EM RELAÇÃO AOS RESPECTIVOS PESOS VERDES.

Estatísticas	Componentes				
	Fuste	Casca	Galhos ≥ 4	Galhos < 4	Folhas
Mínimo	38,68	34,14	30,84	40,00	30,48
Médio	48,49	45,23	49,37	50,87	39,87
Maximo	58,79	57,03	59,48	56,83	53,76
Variância	14,08	27,10	14,67	9,42	17,51
Coeficiente Variação	7,74	11,46	7,76	6,03	10,50

Como mostra a Tabela 05, as folhas apresentaram em média o menor percentual de matéria seca (39,87%) com o maior coeficiente de variação (10,50%), já os galhos menores do que 4 cm de diâmetro apresentaram um percentual médio de 50,87% de matéria seca com um coeficiente de variação de 6,03%, o menor dentre todos.

4.1.4 Percentual de Matéria Seca por Classe de Idade

Com a finalidade de analisar o efeito da idade sobre os percentuais de matéria seca, separou-se os dados nas classes de idade de 5, a 13 , 16 e 17 anos. A Tabela 06 mostra as classes de idade com o número de árvores em cada classe e seus respectivos percentuais médios. A razão da existência de número menor de árvores analisadas para galho maiores ou igual a 4 cm foi porque algumas árvores, ainda pequenas ou jovens, não tinham galhos com dimensões acima deste limite.

TABELA 06 - PERCENTUAIS MÉDIOS DE MATÉRIA SECA DOS COMPARTIMENTOS DAS ÁRVORES POR CLASSE DE IDADE.

Classes de Idade	Galhos ≥ 4 cm		Fuste	Galhos < 4 cm	Folhas	Casca	
	n° árvores	Médias		n° árvores	Médias		
5 anos	4	51,10	11	50,65	50,35	42,15	48,17
6 anos	8	48,54	13	49,65	49,65	37,55	48,54
7 anos	18	49,79	40	49,39	50,13	41,27	47,97
8 anos	25	47,56	29	47,23	50,27	39,49	44,95
9 anos	23	50,63	24	48,53	51,85	40,49	47,08
10 anos	19	48,83	19	47,64	52,08	37,65	45,56
11 anos	24	49,90	26	47,95	52,03	39,65	41,73
12 anos	9	48,67	9	47,81	51,06	39,96	44,52
13 anos	10	48,73	10	47,07	50,02	39,94	40,42
16 anos	3	54,49	3	52,11	53,85	46,93	49,29
17 anos	10	49,63	10	48,36	52,14	38,01	39,81

Com as classes de idade definidas, efetuou-se o teste de homogeneidade de variâncias (Bartlett), para em seguida fazer a análise de variância. A Tabela 07 mostra os resultados obtidos no teste. Como o nível de significância para todos os componentes das árvores ultrapassou o valor crítico de alfa (0,05). Fica evidenciada que as variâncias são homogêneas e que, portanto podem ser submetidas à análise de variância.

TABELA 07 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE IDADE PARA OS PERCENTUAIS DE MATERIA SECA.

Componentes	Valor (χ^2)	Nível de significância (α)
Fuste	1,0997	0,0901
Galhos \geq 4 cm	1,0992	0,2370
Galhos $<$ 4 cm	1,0998	0,0901
Folhas	1,0926	0,1237
Casca	1,0698	0,3131

Para a análise de variância considerou-se cada idade como um tratamento e os percentuais de matéria seca como repetições. Desta forma cada idade apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 08.

Observando-se os resultados na Tabela 08, verifica-se que os componentes, galhos maiores ou igual a 4 cm e galhos menores do que 4 cm não apresentaram diferença significativa entre as idades. Os componentes, fuste, folhas e casca apresentaram diferença significativa entre as idades. Como as médias dos percentuais de biomassa seca dos componentes analisados por classe de idade não apresentam independência entre elas, não é apropriado a aplicação de teste de comparação de médias.

TABELA 08 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA DE CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE IDADE.

Componente	Fonte da variação	GL	QM	F	Nível de Significância (α)
Fuste	Tratamento	10	23,0337	2,13	0,024
	Erro	179	10,7919		
Galhos \geq 4 cm	Tratamento	10	23,9320	1,71	0,084
	Erro	142	14,0134		
Galhos $<$ 4 cm	Tratamento	10	18,4923	1,46	0,159
	Erro	179	12,6932		
Folhas	Tratamento	10	49,5122	2,89	0,002
	Erro	179	17,1227		
Casca	Tratamento	10	149,2117	7,76	0,000
	Erro	179	19,2323		

Assim, a aplicação da técnica de análise de regressão é o mais indicado para se detectar possíveis tendências dos dados em relação à idade para cada um dos componentes das árvores. Antes de se proceder à análise de regressão propriamente dita, verificou-se a correlação existente entre a idade com os diversos componentes das árvores, como apresentado na Tabela 09.

TABELA 09 - CORRELAÇÃO ENTRE OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA COM A IDADE DAS ÁRVORES, POR COMPONENTE.

Componentes	Idade
Fuste	- 0,12219
Casca	- 0,43491
Galhos \geq 4	0,07298
Galhos $<$ 4	0,13552
Folhas	- 0,06137

Como se observa na Tabela 09, as correlações simples foram bastante baixas. Mesmo assim ajustou-se o modelo linear aos dados, resultando índices de ajuste (R^2) baixos para todos os componentes.

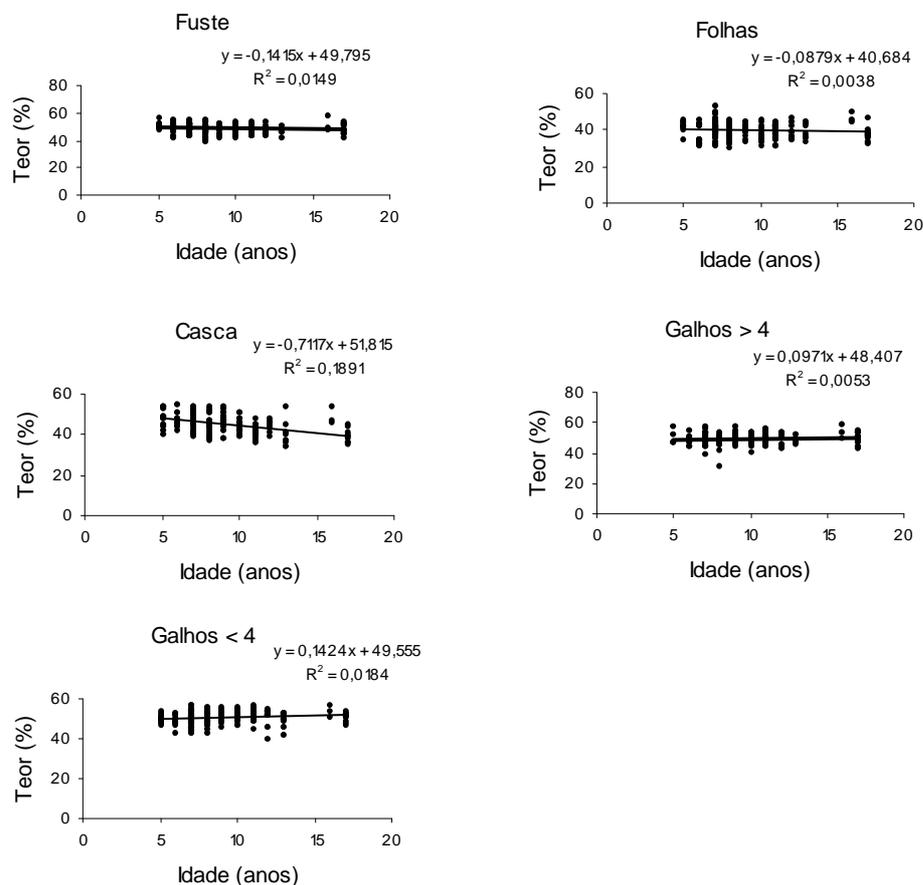


FIGURA 13 - TENDÊNCIA PARA OS PERCENTUAIS MÉDIOS DE MATÉRIA SECA POR CLASSE DE IDADE PARA OS COMPONENTES ANALISADOS.

Após a análise de regressão, construíram-se os gráficos de tendência, onde se observou que a distribuição dos percentuais de matéria seca com relação a idade não segue uma tendência definida para os componentes Galhos maiores ou igual a 4 cm e Galhos menores do que 4 cm, cujas médias foram iguais na análise de variância. Já os componentes; Fuste, Folhas e Casca, que foram diferentes entre as classes de idades na análise de variância apresentaram uma pequena tendência de diminuição do percentual de matéria seca com o aumento da idade (Figura 13).

4.1.5 Percentual de Matéria Seca por Classe de Diâmetro

Com a finalidade de analisar as possíveis diferenças nos percentuais de matéria seca entre árvores de diferentes diâmetros (d), agruparam-se os dados em classes de diâmetro. A Tabela 10 mostra as classes de diâmetros com o número de árvores em cada classe e seus respectivos percentuais médios por componente analisado.

TABELA 10 - TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA (%) POR CLASSE DE DIÂMETRO, COM RESPECTIVOS NÚMEROS DE ÁRVORES ANALISADAS.

Classes diâmetro	Galhos ≥ 4 cm		n° árvores	Fuste	Galhos	Folhas	Casca
	n° árvores	Médias			< 4 cm		
			Médias				
4 - 6	0	0,00	22	50,52	49,38	40,86	47,22
6 - 8	12	49,22	23	50,24	50,63	40,80	48,64
8 - 10	28	50,86	34	49,60	51,45	40,34	48,66
10 - 12	26	49,88	28	48,75	50,97	39,19	44,59
12 - 14	20	47,95	20	48,08	51,26	40,08	44,36
14 - 16	15	48,11	15	46,81	50,35	39,80	44,19
16 - 18	12	49,92	12	46,72	51,39	39,32	43,23
18 - 20	9	48,82	9	47,67	49,73	42,05	44,44
20 - 22	6	50,47	6	47,65	52,64	41,95	42,06
22 - 24	8	48,42	8	47,16	51,07	39,76	39,07
24 - 26	8	48,97	8	45,89	51,23	36,79	41,98
26 - 28	5	48,04	5	46,75	50,65	35,78	38,79
> 28	4	50,01	4	48,33	51,66	39,54	39,35

Com as classes de diâmetro definidas procedeu-se o teste de homogeneidade das variâncias (Bartlett), para em seguida fazer a análise de variância. A Tabela 11 mostra os resultados obtidos no teste de homogeneidade de variâncias, onde as variâncias de todas as classes de diâmetro apresentaram nível de significância superior aos valores de alfa (0,05) atestando serem as variâncias homogêneas.

TABELA 11 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) PARA OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE DIÂMETRO.

Componentes	Valor (χ^2)	Nível de significância (α)
Fuste com casca	1,1279	0,060
Galhos \geq 4 cm	1,0846	0,449
Galhos $<$ 4 cm	1,0875	0,289
Folhas	1,0808	0,356
Casca	1,1085	0,135

Para a análise de variância considerou-se cada classe de diâmetro como um tratamento e os percentuais de matéria seca como repetições. Assim, cada classe apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 12.

TABELA 12 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA PARA CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE DIÂMETRO.

Componente	Fonte da variação	GL	QM	F	Nível de Significância (α)
Fuste	Tratamento	12	31,0044	2,61	0,003
	Erro	177	11,8972		
Galhos \geq 4 cm	Tratamento	11	15,1377	1,03	0,419
	Erro	141	14,6292		
Galhos $<$ 4 cm	Tratamento	12	8,7716	0,93	0,521
	Erro	177	9,4607		
Folhas	Tratamento	12	24,1726	1,23	0,263
	Erro	177	19,5983		
Casca	Tratamento	12	133,6927	8,73	0,000
	Erro	177	15,3208		

Observando-se os resultados na Tabela 12, verifica-se que os percentuais de matéria seca dos componentes, galhos maiores ou igual a 4 cm, galhos menor do que 4 cm e folhas não apresentaram diferença significativa entre as classes de diâmetro. Já os componentes, fuste com casca e a casca, apresentaram diferença significativa dos percentuais de matéria seca entre as classes de diâmetro. A estes componentes foi aplicado o teste de comparação de médias.

TABELA 13 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA POR CLASSE DE DIÂMETRO PARA OS COMPONENTES ANALISADOS.

Casca			Fuste		
Classe de Diâmetro	Média	Sumarização	Classe de diâmetro	Média	Sumarização
8 - 10	48,66	a	4 - 6	50,52	a
6 - 8	48,64	a	6 - 8	50,24	a
4 - 6	47,22	ab	8 - 10	49,60	a
10 - 12	44,59	ab	10 - 12	48,75	a
18 - 20	44,44	abc	> 28	48,33	a
12 - 14	44,36	abc	12 - 14	48,08	a
14 - 16	44,19	bc	18 - 20	47,67	a
16 - 18	43,23	bc	20 - 22	47,65	a
20 - 22	42,06	bc	22 - 24	47,16	a
24 - 26	41,98	bc	14 - 16	46,81	a
> 28	39,35	c	26 - 28	46,75	a
22 - 24	39,07	c	16 - 18	46,72	a
26 - 28	38,79	c	24 - 26	45,89	a

Após a análise de variância ter detectado diferença entre as classes de diâmetros para os componentes casca e fuste, calculou-se os comparadores $\Delta = 6,2642$ e $\Delta = 6,0456$, respectivamente. Procedeu-se então o teste de comparação de médias pelo teste de Tukey, (Tabela 13). Observa-se que para o componente casca as médias dos teores de matéria seca por classes de diâmetro tendem a diminuir com o aumento do

diâmetro. Para o fuste não foi detectada diferença estatística dos percentuais médios de matéria seca entre as classes de diâmetro para uma probabilidade de 95%.

4.1.5 Análise do Percentual de Matéria Seca entre os Componentes

Com a finalidade de detectar diferença estatística dos percentuais de matéria seca entre os componentes fez-se análise de variância (Tabela 14) onde cada componente foi considerado como tratamento e cada percentual de matéria seca de cada árvore foi considerado como as repetições.

TABELA 14 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA ENTRE OS COMPONENTES DAS ÁRVORES.

Fonte da variação	GL	QM	F	Nível de Significância (α)
Tratamentos	4	6433,357	387,41	0,000
Erro	924	16,606		

Observando-se os resultados na Tabela 14, verifica-se que há diferença significativa entre os componentes.

Após a análise de variância ter mostrado que há diferença entre as medias do percentual de matéria seca entre os componentes, procedeu-se o teste de Tukey ($\Delta = 3,3925$). Os resultados são mostrados na Tabela 15.

TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS PERCENTUAIS DE MATÉRIA SECA POR COMPONENTE.

Componentes	Frequência	Média	Sumarização
Folhas	194	39,87	a
Casca	194	45,37	b
Galhos \geq 4 cm	153	49,37	c
Galhos $<$ 4 cm	194	50,87	d
Fuste	194	55,07	e

Os resultados demonstrados na Tabela 15 mostram que as médias dos componentes diferem uma das outras ao nível de 95% de probabilidade, ou seja, existe

diferença significativa na proporção de material lenhoso seco em cada componente analisado, onde o fuste apresenta a maior proporção e as folhas a menor proporção em relação aos seus respectivos pesos verdes obtidos das amostras.

4.1.6 Teores de Carbono por Classe de Idade

Com a finalidade de testar se há diferença significativa nos teores de carbono entre as idades das árvores analisadas, agruparam-se os dados nas classes de idade 6 a 13 e 16 - 17 anos. A Tabela 16 mostra as classes de idade com o número de árvores em cada classe e seus respectivos teores médios de carbono para os componentes Galhos maiores ou igual a 4 cm, Fuste sem casca, Galhos menor do que 4cm, Folhas e Casca.

TABELA 16 - TEORES MÉDIOS DE CARBONO (%) POR CLASSE DE IDADE, COM RESPECTIVOS NÚMEROS DE ÁRVORES ANALISADAS.

Classes de Idade	Galhos ≥ 4 cm		n° árvores	Fuste	Galhos < 4 cm	Folhas	Casca
	n° árvores	Médias		Médias			
6 e 7	6	43,26	9	43,36	43,79	44,89	44,00
8	3	43,35	6	43,40	44,12	45,13	44,22
9	9	44,47	9	44,23	44,95	46,20	45,37
10	7	43,83	7	43,45	43,82	45,35	44,77
11	6	43,94	6	43,98	44,10	45,64	44,36
12	9	44,06	9	43,64	44,00	45,37	44,41
13	5	44,05	5	43,79	43,89	44,67	45,10
16 e 17	4	44,22	4	43,74	44,36	46,73	45,91

A Tabela 17 mostra os resultados obtidos no teste de homogeneidade de variâncias. Observa-se que as variâncias de todas as classes de idade apresentaram nível de significância superior aos valores de alfa ($\alpha = 0,05$).

TABELA 17 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) PARA OS TEORES DE CARBONO OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE IDADE.

Componentes	Valor (χ^2)	Nível de significância (α)
Fuste sem casca	1,2790	0,148
Galhos \geq 4 cm	1,4073	0,076
Galhos $<$ 4 cm	1,1816	0,396
Folhas	1,0641	0,909
Casca	1,0964	0,776

Para a análise de variância considerou-se cada idade como um tratamento e os teores de carbono como repetições. Desta forma cada idade apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 18.

TABELA 18 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS TEORES DE CARBONO PARA CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE IDADE.

Componente	Fonte da variação	GL	QM	F	Nível de Significância (α)
Fuste sem casca	Tratamento	7	0,7249	0,724	0,652
	Erro	47	1,0006		
Galhos \geq 4 cm	Tratamento	7	0,9888	0,789	0,600
	Erro	41	1,2526		
Galhos $<$ 4 cm	Tratamento	7	1,2050	0,867	0,539
	Erro	47	1,3896		
Folhas	Tratamento	7	2,6387	1,814	0,107
	Erro	47	1,4544		
Casca	Tratamento	7	2,5673	1,140	0,355
	Erro	47	2,2522		

Observando-se os resultados na Tabela 18, verifica-se que para todos os componentes não houve diferença significativa entre as classes de idade, ou seja, o

fator idade não interfere na quantidade alocada de carbono nos tecidos dos componentes analisados, sugerindo que os teores de carbono para cada componente se mantêm quase inalterado ao longo da vida da árvore de bracatinga.

4.1.7 Teores de Carbono por Classe de Diâmetro

Com a finalidade de detectar diferença significativa nos teores de carbono entre as árvores analisadas, agruparam-se os dados em classes de diâmetros. A Tabela 19 mostra as classes de diâmetro com o número de árvores em cada classe e seus respectivos teores médios.

TABELA 19 - TEORES MÉDIOS DE CARBONO (%) POR CLASSE DE DIÂMETRO COM RESPECTIVOS NÚMEROS DE ÁRVORES ANALISADAS.

Classes de diâmetro	Galhos ≥ 4 cm		n° árvores	Fuste	Galhos < 4 cm	Folhas	Casca
	n° árvores	Médias		Médias			
< 10	6	44,23	12	43,97	44,55	45,10	44,54
10 a 15	18	43,68	18	43,37	43,88	45,30	44,42
15 a 20	14	44,00	14	43,67	44,03	45,73	45,10
> 20	11	44,16	11	43,92	44,25	45,78	44,78

Com as classes de diâmetro definidas procedeu-se o teste de homogeneidade das variâncias. A Tabela 20 mostra os resultados obtidos no teste de homogeneidade de variâncias, onde as variâncias de todas as classes de idade apresentaram nível de significância superior aos valores de alfa estabelecidos (0,05).

Para a análise de variância considerou-se cada classe de diâmetro como um tratamento e os teores de matéria seca como repetições. Desta forma cada classe apresentou número de repetições diferentes. Os resultados da análise de variância encontram-se dispostos na Tabela 21.

TABELA 20 - VALORES DO QUI-QUADRADO (χ^2) DOS TEORES DE CARBONO OBTIDOS NO TESTE DE BARTLETT E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA PARA CADA COMPONENTE POR CLASSE DE DIÂMETRO.

Componentes	Valor (χ^2)	Nível de significância (α)
Fuste sem casca	1,1123	0,125
Galhos \geq 4 cm	1,0638	0,447
Galhos $<$ 4 cm	1,0993	0,198
Folhas	1,0003	0,999
Casca	1,0784	0,293

TABELA 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CADA COMPONENTE DAS ÁRVORES ANALISADAS POR CLASSES DE DIÂMETRO.

Componente	Fonte da variação	GL	QM	F	Nível de Significância (α)
Fuste sem casca	tratamento	3	1,1489	1,23	0,310
	Erro	51	0,9370		
Galhos \geq 4 cm	tratamento	3	0,7801	0,63	0,598
	Erro	45	1,2328		
Galhos $<$ 4 cm	tratamento	3	1,1670	0,85	0,475
	Erro	51	1,3774		
Folhas	tratamento	3	1,3940	0,86	0,468
	Erro	51	1,6205		
Casca	tratamento	3	1,3566	0,58	0,632
	Erro	51	2,3482		

Observando-se os resultados na Tabela 21, verifica-se que todos os componentes não apresentaram diferença significativa entre as classes de diâmetros, ou seja, a diferença diamétrica entre as árvores de bracatinga não afeta a quantidade de carbono por elas fixada.

4.1.8 Teor de Carbono para o Total dos Dados

Analisou-se o total dos dados e fez-se análise de variância, onde cada componente foi considerado como um tratamento e cada teor de carbono de cada árvore foram considerados como repetições. A Tabela 22 mostra os resultados obtidos com a análise de variância.

TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA ENTRE OS COMPONENTES DAS ÁRVORES PARA TODOS OS DADOS.

Fonte da variação	GL	QM	F	Nível de Significância (α)
Tratamento	4	27,1484	18,22	0,000
Erro	264	1,4903		

Observando-se os resultados na Tabela 22, verifica-se que há diferença significativa entre os tratamentos.

Após a análise de variância ter mostrado que há diferença entre as medias do teor de carbono entre os componentes, procedeu-se o teste de Tukey ($\Delta = 1,0372$), os resultados são mostrados na Tabela 23.

TABELA 23 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ENTRE OS TEORES DE CARBONO POR COMPONENTE PARA TODOS OS DADOS.

Componentes	Frequência	Média	Sumarização
Folhas	55	45,46269	a
Casca	55	44,69276	b
Galhos < 4 cm	55	44,13755	b
Galhos \geq 4 cm	49	43,94708	b
Fuste	55	43,68735	b

Os resultados da Tabela 23 demonstram que a média do componente folha é a única que difere das demais ao nível de 95% de probabilidade, sendo o componente onde há maior concentração de carbono na árvore, fato explicado por ser o componente que apresenta maior atividade fisiológica dentro da planta.

Com a finalidade de sintetizar os dados calcularam-se então os valores máximos, médios e mínimos, bem como os valores de variância e coeficiente de variação em porcentagem para os componentes de todas as 55 árvores analisadas, conforme é mostrado na Tabela 24.

TABELA 24 - ESTATÍSTICAS DO TEOR DE CARBONO EM % DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES PARA TODOS OS DADOS.

Estatísticas	Componentes				
	Folhas	Fuste	Galhos < 4	Galhos ≥ 4	Casca
Mínimo	42,594	41,513	41,025	41,416	41,055
Media	45,463	43,687	44,138	43,947	44,693
Máximo	47,778	45,155	46,345	45,681	48,297
Variância	1,608	0,949	1,366	1,205	2,293
Coeficiente Variação	2,79	2,23	2,65	2,50	3,39

Observando-se os resultados constantes na Tabela 24, percebe-se que em média as folhas contêm maior quantidade de carbono, seguido pelo componente casca, galhos menor do que 4 cm, galhos maiores ou igual a 4 cm e fuste, com um coeficiente de variação máximo de 3,39% para as cascas e um coeficiente de variação mínimo de 2,23% para o fuste.

Com base nos teores médios de carbono obtidos para cada componente das árvores, ou mesmo uma média dos teores de carbono dos componentes que são estatisticamente iguais entre si, pode-se então calcular com base no peso de biomassa seca obtidos para cada componente, o peso de carbono de cada componente para as árvores dos bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba. Desta forma o teor médio de carbono de cada componente pode ser usado como um fator de conversão de peso de matéria seca (biomassa) para peso de carbono.

4.2 AJUSTE DE EQUAÇÕES ESTIMATIVAS DA BIOMASSA SECA E DO CARBONO FIXADO

Para estimativa da biomassa aérea seca e do peso de carbono fixado nas árvores de bracatinga, ajustaram-se diversos modelos matemáticos, tendo como variável dependente o peso seco (p_s) e o peso de carbono (p_c) dos componentes e como variáveis independentes o diâmetro à altura do peito (d), a altura total (h), a altura do fuste (h_f), a altura de copa (h_c), o diâmetro de copa (d_c) e a combinação destas variáveis na forma aritmética e logarítmica. Dentre cada uma das equações ajustadas nas duas formas, uma equação foi obtida pelo método de seleção “forward” para cada um dos componentes analisados.

4.2.1 Peso total

As Tabelas 25 e 26 apresentam as equações ajustadas para estimar o peso seco total e o peso de carbono total. Estas equações foram classificadas em ordem crescente de desempenho pelos seus respectivos erros padrão da estimativa em porcentagem (S_{yx} %), com os respectivos coeficientes encontrados e os valores dos parâmetros de precisão, bem como o fator de correção de Meyer para as equações logarítmicas.

De uma forma geral as equações estimativas do peso seco total apresentaram R^2 variando de 0,67 a 0,97 e S_{yx} variando de 18,12 a 58,30%. Já as equações estimativas do peso de carbono, apresentaram uma variação do R^2 entre 0,73 e 0,97 e S_{yx} entre 56,16 e 21,75%, com a equação na forma aritmética obtida pelo processo “forward” obtendo o melhor desempenho.

A equação obtida pelo método forward apresentou o melhor desempenho na estimativa dos pesos secos e pesos de carbono, ambas na forma aritmética. SOARES e HOSOKAWA (1984), ajustando modelos para estimar o peso seco total de bracatinga obtiveram como melhor ajuste para equação cuja variável fosse apenas o DAP uma equação logarítmica com R^2 de 0,92.

Observando-se a Tabela 25 verifica-se que esta equação na presente pesquisa apresentou valores similares, com R^2 de 0,88 e S_{yx} de 35,48%. Esses autores também ajustaram modelos cujas variáveis independentes foram o DAP e a altura total, resultando numa equação logarítmica com R^2 de 0,93 enquanto neste trabalho a mesma equação resultou R^2 de 0,93 e S_{yx} de 27,04%. A melhor dentre todas as equações ajustada para o peso seco total por SOARES e HOSOKAWA (1984), apresentou $R^2 = 0,94$. BAGGIO (1994) encontrou como melhor modelo para o peso total, uma equação com R^2 de 0,98 e S_{yx} de 18,8%.

Observando-se os resultados encontrados por SOARES e HOSOKAWA (1984) e BAGGIO (1994), verifica-se que as equações ajustadas nesse trabalho apresentam resultados semelhantes, mesmo considerando a diferença na abrangência da base de dados que cada um utilizou.

TABELA 25 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO TOTAL DE CADA ÁRVORE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	$p_s = -103,45609 + 15,09492d$	32,44	0,911	
2	$ps = -11,83006 + 0,50917d^2$	21,68	0,960	
3**	$ps = 20,035564 + 0,01914d^3$	21,63	0,961	
4	$ps = -93,9256 + 15,4711d - 1,04188h$	32,47	0,911	
5	$ps = -84,833 + 15,7011d - 3,03131hf$	31,58	0,916	
6	$ps = 1,72441 + 0,028227d^2h$	23,06	0,955	
7	$ps = 5,083435 + 0,043881d^2hf$	40,70	0,860	
8	$ps = -58,8667 + 46,68123dc$	56,57	0,730	
9	$ps = -52,9809 + 0,56427d^2 + 9,06206dc$	35,28	0,895	
10*	$ps = 276,1587 - 33,5871d + 1,19453d^2 + 0,07883d^2h - 0,3085dh + 6,32376dc - 690,7668d^{-1} - 0,45352hc - 0,000628d^3hf - 0,001852d^3h \implies \text{"Forward"}$	18,12	0,972	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	$\ln ps = -1,88002 + 2,37745 \ln d$	35,48	0,877	1,0290
2	$\ln ps = -1,88002 + 1,18872 \ln d^2$	35,48	0,877	1,0290
3	$\ln ps = -1,88002 + 0,79248 \ln d^3$	35,48	0,877	1,0290
4	$\ln ps = -2,77481 + 2,20766 \ln d + 0,50275 \ln h$	27,04	0,929	1,0219
5	$\ln ps = -2,01898 + 2,33576 \ln d + 0,11354 \ln hf$	20,25	0,960	1,0107
6	$\ln ps = -3,65315 + 1,01203 \ln d^2 h$	27,48	0,926	1,0218
7	$\ln ps = -2,78471 + 0,95763 \ln d^2 hf$	21,02	0,957	1,0127
8	$\ln ps = 2,830487 + 1,374557 \ln dc$	58,30	0,669	1,1380
9	$\ln ps = -1,378939 + 1,02986 \ln d^2 + 0,33476 \ln dc$	35,28	0,879	1,0291
10	$\ln ps = -1,88002 + 2,37745 \ln d \implies \text{"Forward"}$	19,28	0,964	1,0108

Onde: ps = peso seco (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

TABELA 26 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO TOTAL DE CADA ÁRVORE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{yx}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	pc = -44,55118 + 6,4296d	32,48	0,909	
2**	pc = -4,08046 + 0,20748d²	24,44	0,949	
3	pc = 10,13385 + 0,00739d ³	32,81	0,907	
4	pc = -36,43308 + 6,74181d - 0,87528h	32,50	0,909	
5	pc = -35,71096 + 6,68624d - 1,38915hf	31,75	0,913	
6	pc = 1,52792 + 0,01138d ² h	27,31	0,936	
7	pc = 2,37504 + 0,01825d ² hf	43,04	0,840	
8	pc = -24,42372 + 21,18428dc	56,16	0,728	
9	pc = -8,29538 + 0,18605d ² + 2,90069dc	23,93	0,951	
10*	pc = 107,88863 - 15,4325d + 0,63623d² + 0,02034d²h + 3,25814dc - 255,89286d⁻¹ - 0,001d³h ==> "Forward"	21,75	0,959	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	lnpc = -2,69957 + 2,32599ln d	42,94	0,842	1,0133
2	lnpc = -2,69957 + 1,15799ln d ²	42,92	0,842	1,0133
3	lnpc = -2,69957 + 0,76533ln d ³	44,17	0,833	1,0133
4	lnpc = -3,33517 + 2,16636ln d + 0,41676ln h	44,10	0,833	1,0121
5	lnpc = -2,80081 + 2,25396ln d + 0,16003ln hf	43,17	0,840	1,0131
6	lnpc = -4,441 + 1,0002ln d ² h	48,47	0,799	1,0134
7	lnpc = -3,63465 + 0,95477ln d ² hf	51,03	0,777	1,0384
8	lnpc = 1,47272 + 1,73331ln dc	55,92	0,732	1,1101
9	lnpc = -2,34832 + 1,07012ln d ² + 0,19113ln dc	42,53	0,85	1,0123
10	lnpc = -2,69957 + 2,32599ln d ==> "Forward"	42,94	0,84	1,0133

Onde: pc = peso carbono (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

Analisando-se os gráficos de resíduos das Figuras 14 a 17 referentes às equações ajustadas para peso seco total, verifica-se que as equações logarítmicas apresentam melhor distribuição residual que as aritméticas, sem tendência de super ou subestimativa ao longo da linha de regressão e com valores dentro da faixa residual de 100%, ou seja, as estimativas não ultrapassam o valor limite dos pesos reais nem para mais nem para menos, fato que não se observa nas de piores desempenhos, onde os resíduos estão distribuídos dentro de uma faixa de 500%, evidenciando que algumas equações estimam valores negativos para o peso seco das árvores de menor diâmetro.

De maneira geral as distribuições de resíduos das equações estimativas de peso de carbono para o total (Figuras 18 a 21) apresentam os mesmos comportamentos observados nos gráficos das equações de peso seco total.

A equação com o DAP na sua forma cúbica (d^3), para estimativa do peso seco total e a equação com DAP na sua forma quadrática (d^2), para estimativa do peso de carbono total, são dentre as equações que tiveram melhor desempenho as recomendadas para uso, pois apresentam uma tendenciosidade menor que na sua forma natural, conforme pode ser visto nas Figuras 14 a 21, são dentre as ajustadas a de uso mais prático, já que as demais equações de melhor ajuste que estas fazem uso das variáveis altura de copa e diâmetro de copa na sua composição, dificultando a tomada de dados e não acrescentando grandes ganhos quanto ao erro e precisão das equações. Para o peso seco total a equação recomendada apresentou um R^2 de 0,96 e S_{yx} de 21,63% e para estimativa do peso de carbono total apresentou um R^2 de 0,95 e S_{yx} de 24,44%.

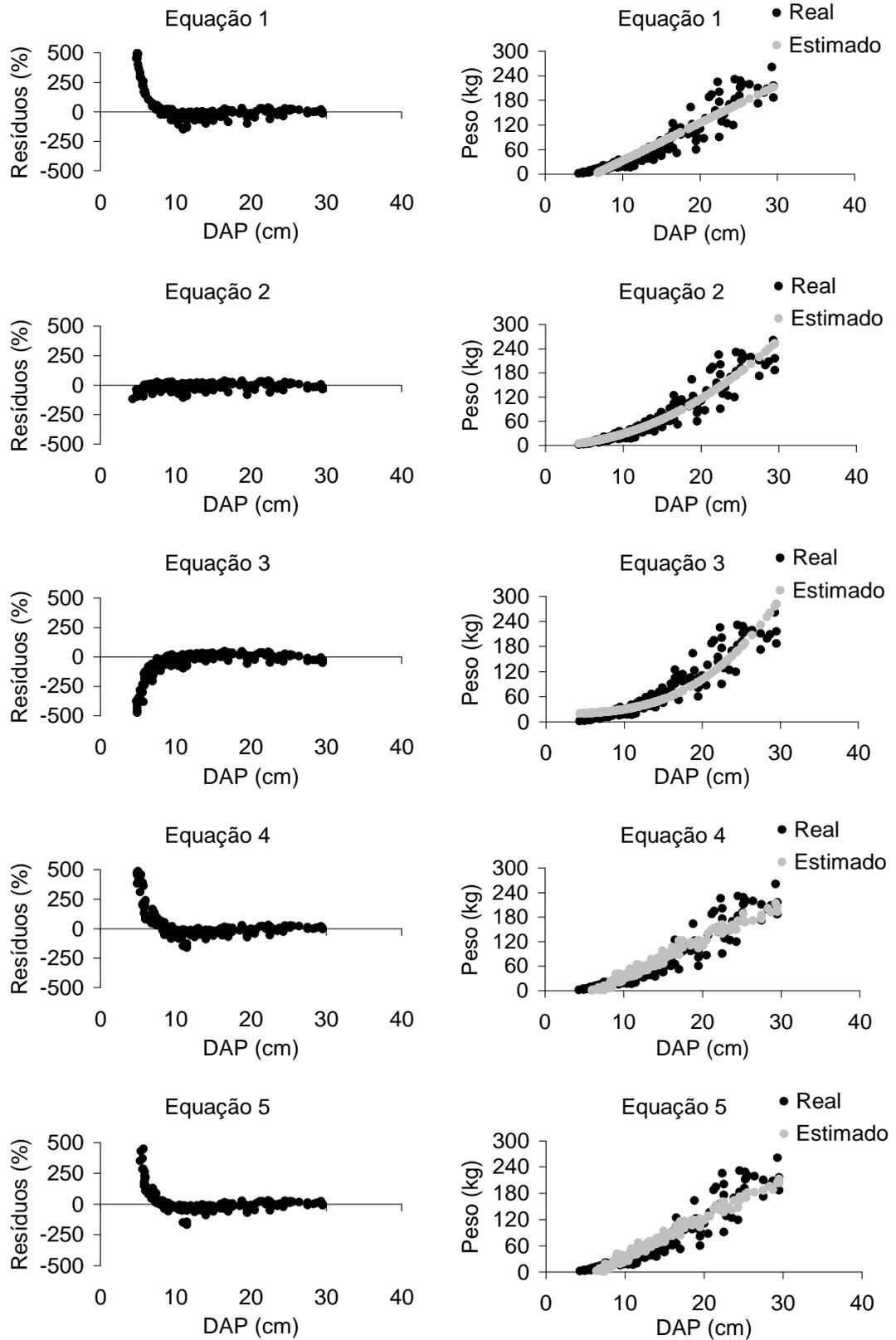


FIGURA 14 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO TOTAL.

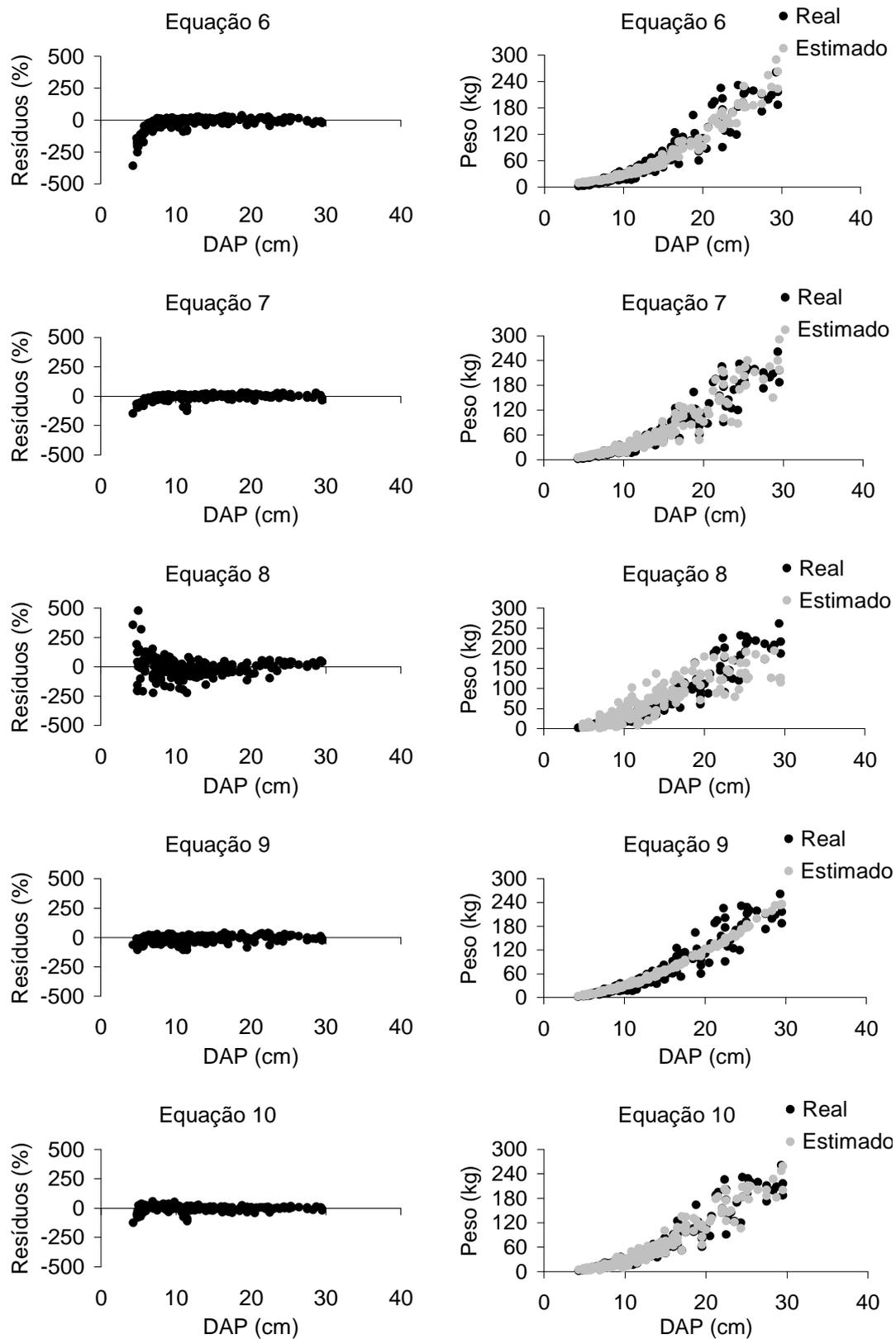


FIGURA 15 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO TOTAL.

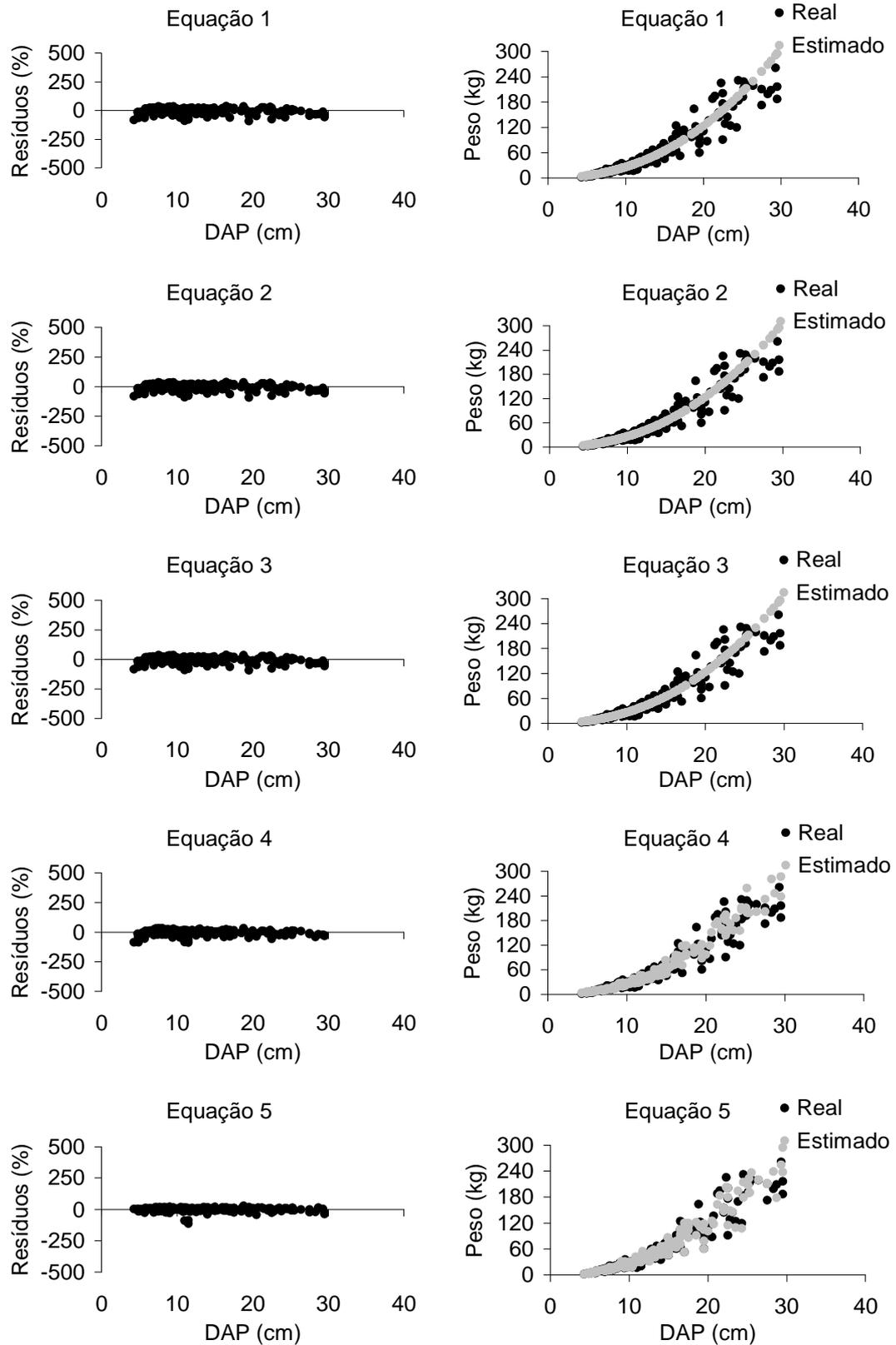


FIGURA 16 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO TOTAL.

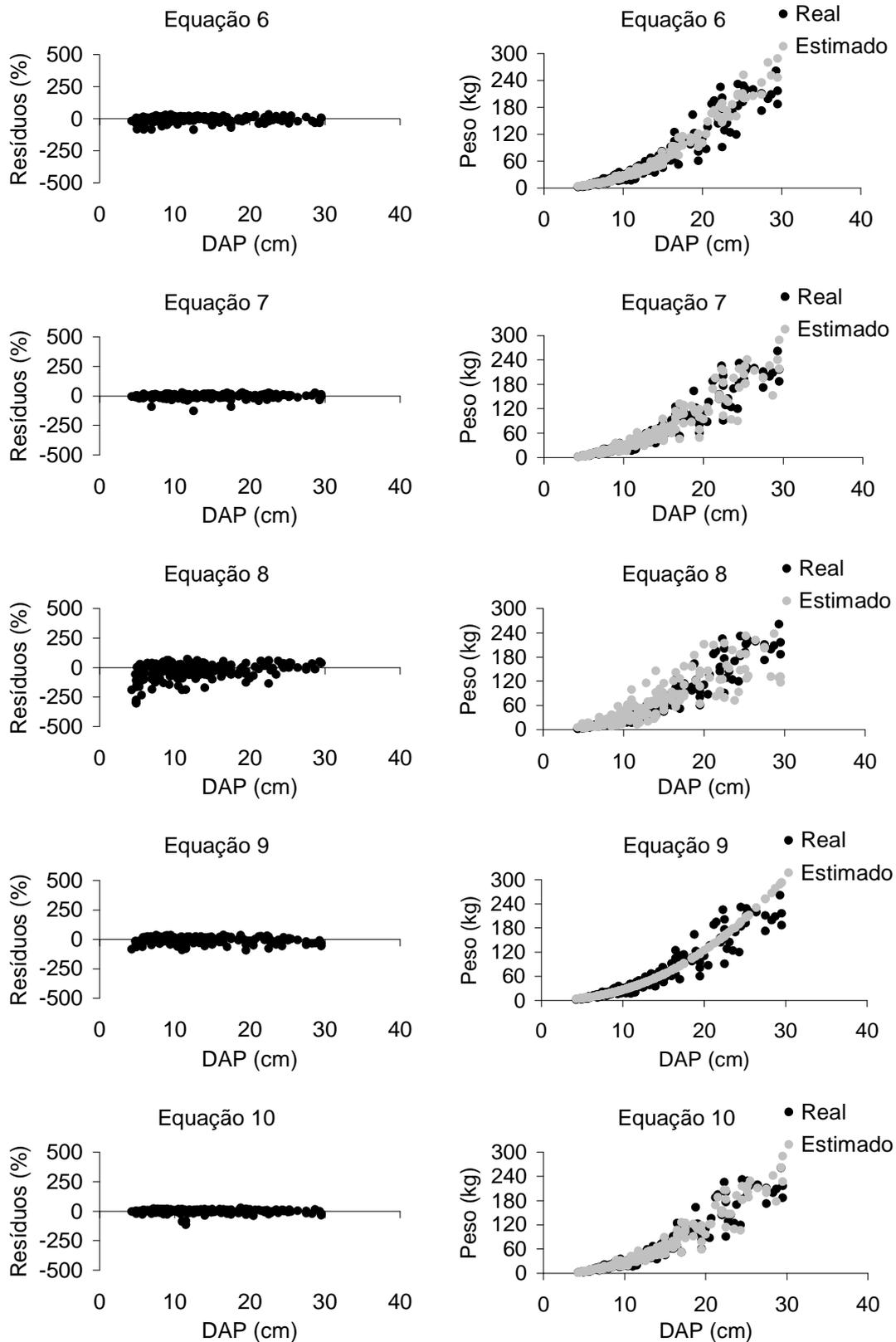


FIGURA 17 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO TOTAL.

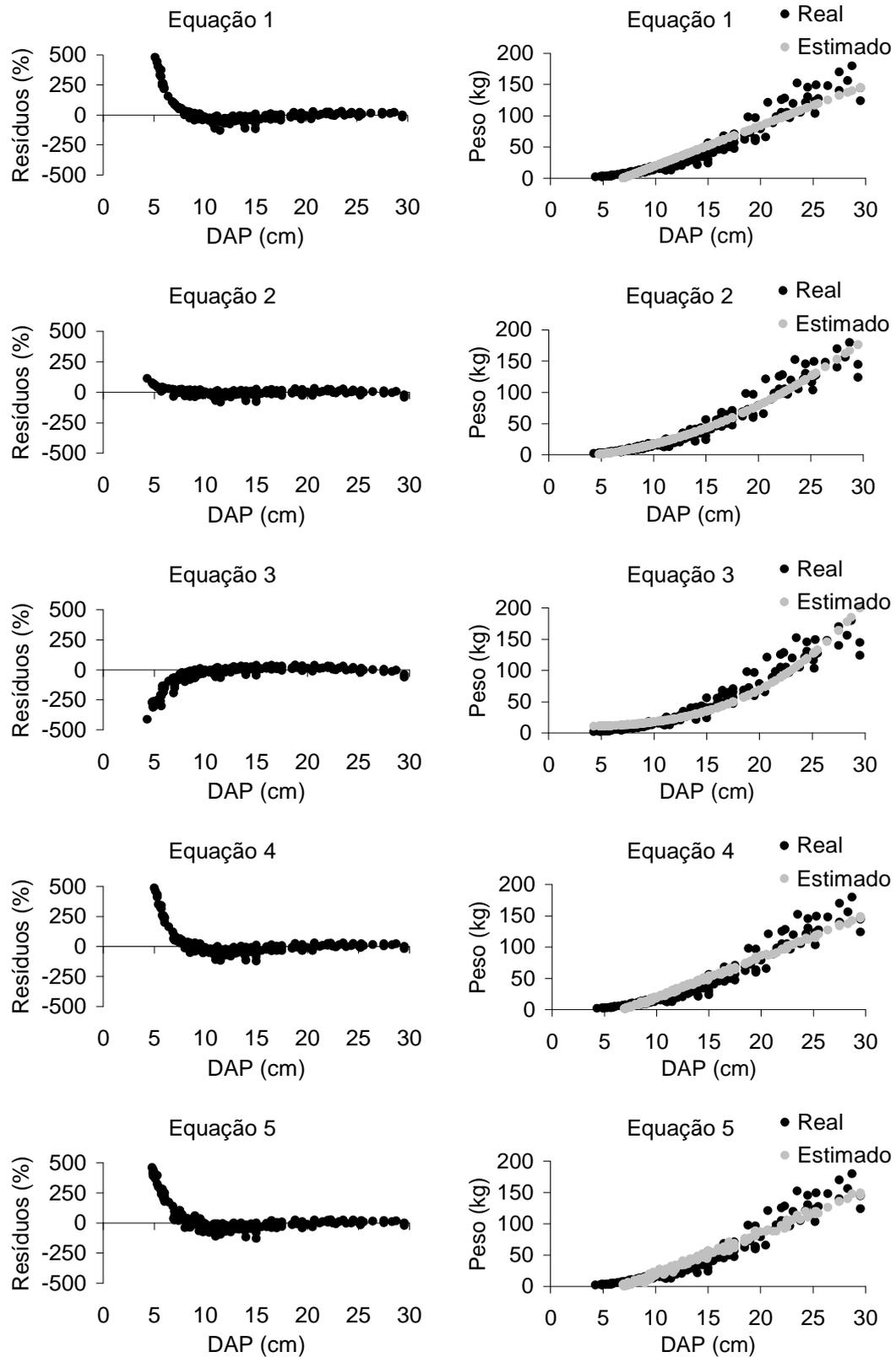


FIGURA 18 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.

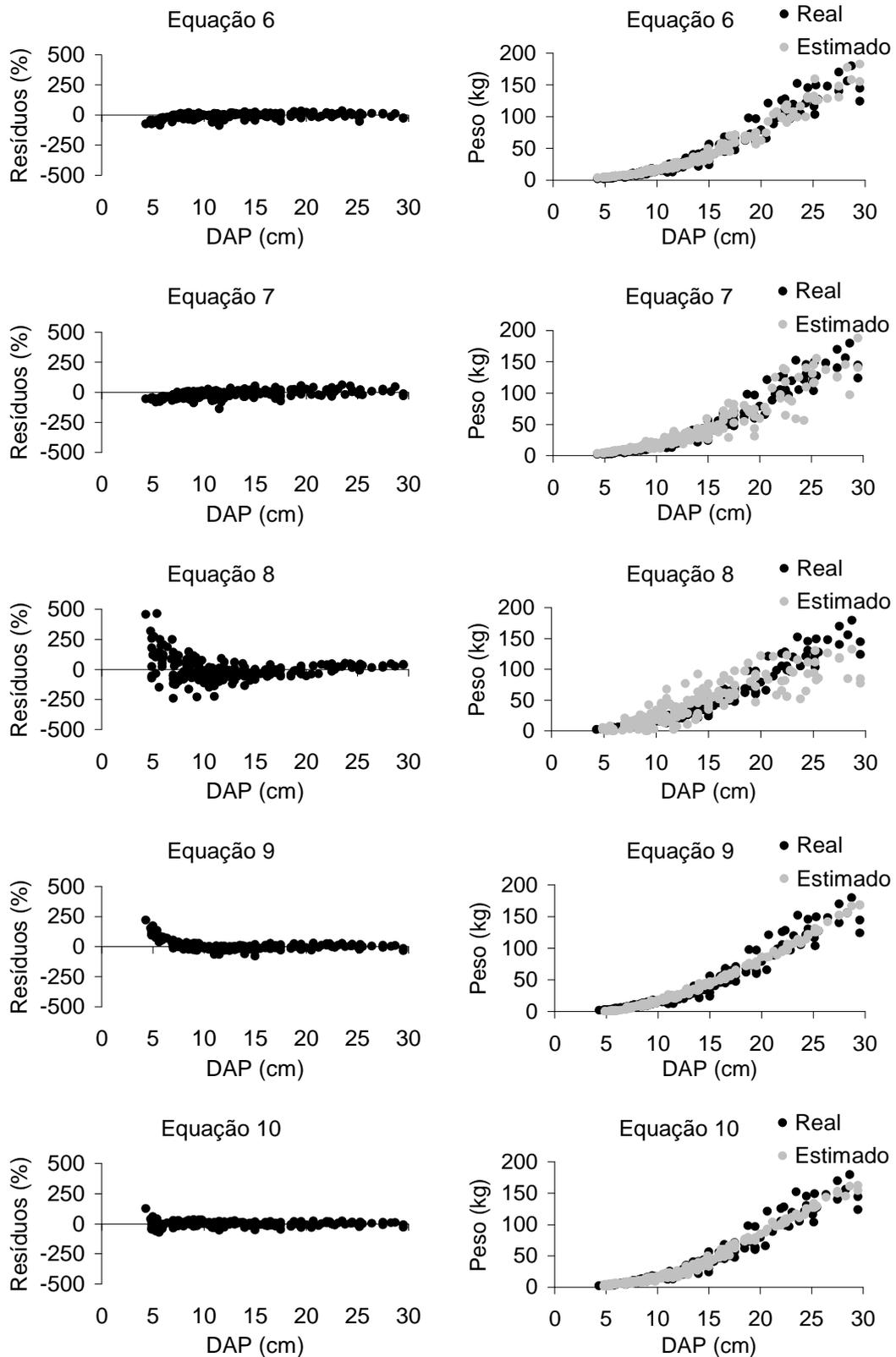


FIGURA 19 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.

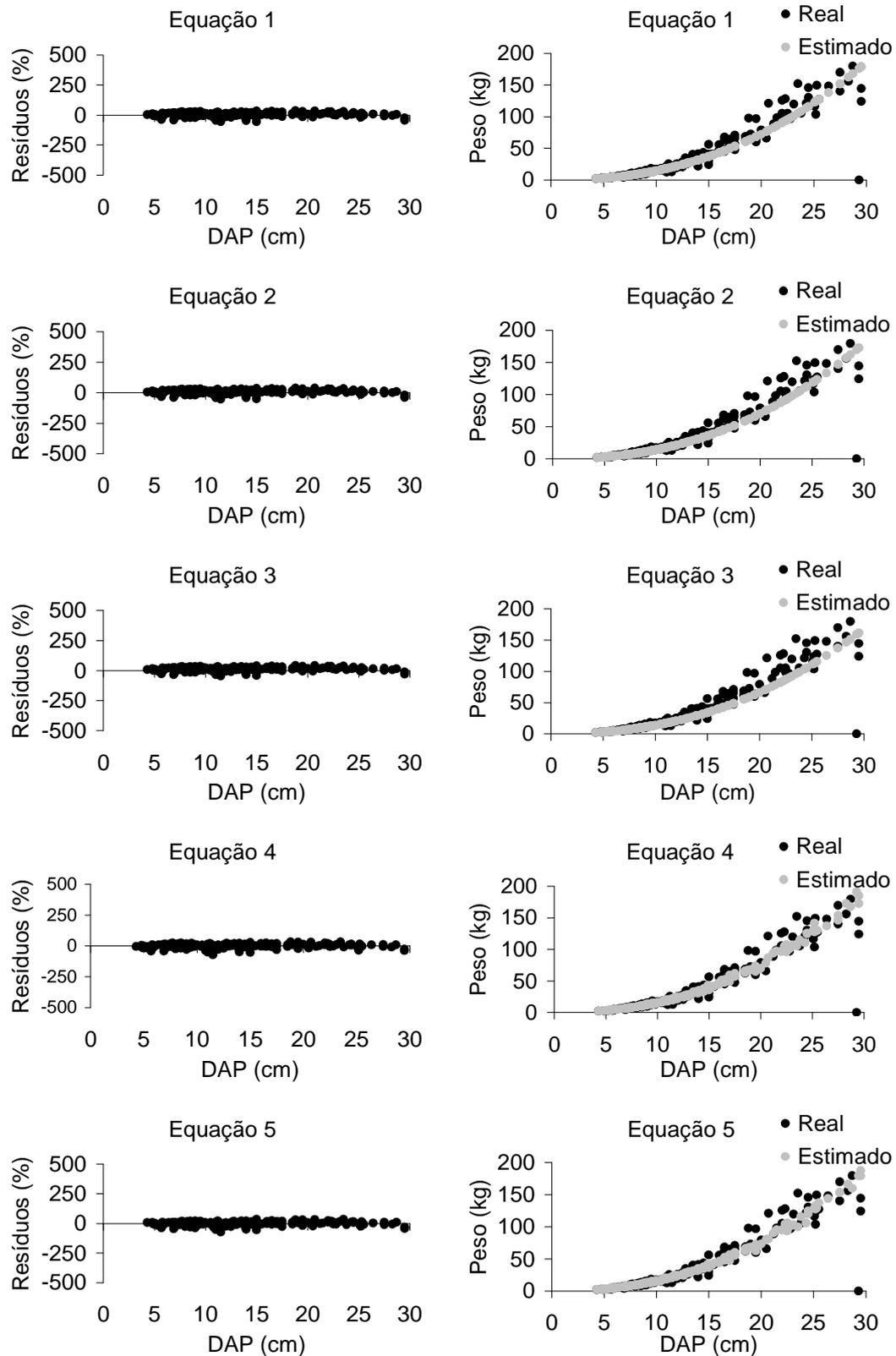


FIGURA 20 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARITIMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.

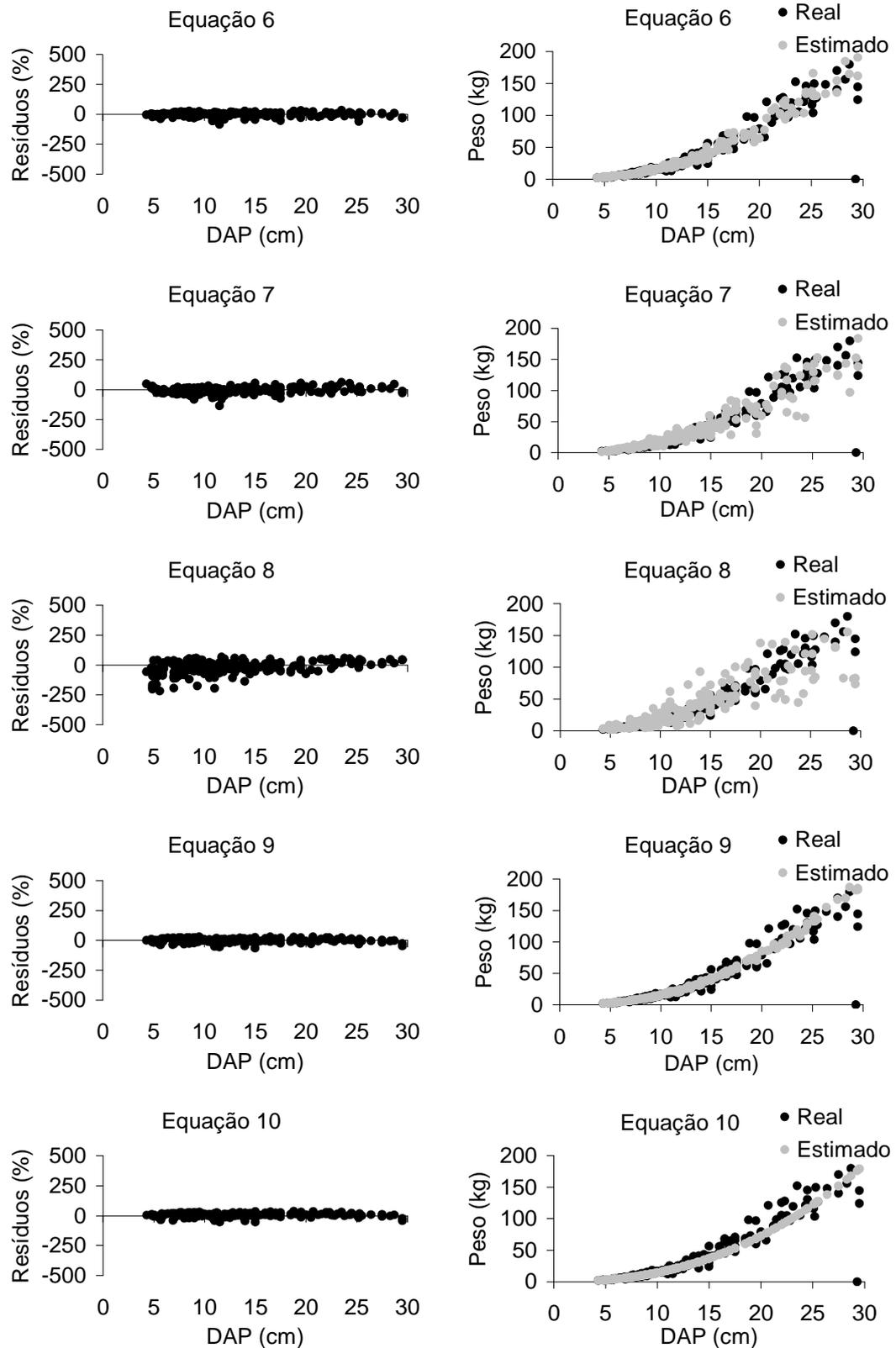


FIGURA 21 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO TOTAL.

4.2.2 Peso do Fuste

Nos Anexos 03 e 08 são mostradas as equações ajustadas para estimar o peso seco do fuste e o peso de carbono do fuste respectivamente, com os coeficientes encontrados e os valores dos parâmetros de estatística e precisão, bem como o fator de correção de Meyer para as equações logarítmicas.

Observa-se que as equações ajustadas para estimar o peso seco do fuste das árvores apresentou o erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) variando de 17,57% a 58,98% e o coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,66 a 0,97. Já os desempenhos das equações ajustadas para estimar o peso de carbono do fuste apresentaram o erro padrão da estimativa variando de 18,27% a 58,22% e o coeficiente de determinação variando de 0,67 a 0,97. Para ambos os pesos a melhor equação foi a aritmética obtida pelo método de seleção “forward”, tendo como variáveis independentes no modelo a combinação do DAP, a altura total, a altura do fuste, altura de copa e diâmetro de copa.

Analisando os gráficos de resíduos nos Anexos 13 e 14, e nos Anexos 25 e 26 observa-se que algumas equações apresentaram uma amplitude nos seus valores residuais de até 500% com estimativas de peso seco negativos, com grande tendenciosidade a subestimativa para os menores diâmetros. Para a equação de melhor desempenho, os resíduos tiveram valores dentro da faixa de 100% e sem tendenciosidade.

Dentre as equações que tiveram melhor desempenho para estimativa do peso seco do fuste e peso de carbono do fuste, a equação logarítmica que tem como variáveis independentes o DAP e a altura do fuste são as mais práticas para uso na estimativa do peso por apresentar apenas duas variáveis a serem medidas em campo e ter erro e distribuição residual com uma pequena tendência a subestimativa nas árvores de menor diâmetro, pois as equações que usam só o DAP, como variável independente, apresentaram baixa precisão e erros altos. Para estimativa do peso seco do fuste a equação recomendada apresentou um R^2 de 0,96 e S_{yx} de 20,10% com fator de correção de Meyer igual a 1,0109. Para estimativa do peso de carbono do fuste a

equação recomendada apresentou um R^2 de 0,96 e S_{yx} de 21,20% com fator de correção de Meyer igual a 1,030.

Girard (2005) teve como melhor equação ajustada para estimativa do peso seco do fuste do Craveiro e modelo de Stoate com 0,97 de coeficiente de determinação e um erro padrão da estimativa de 7,9%. Este modelo usa como variável independente apenas o diâmetro e a altura do fuste, que são as mesmas variáveis observadas nas melhores equações deste trabalho, tanto para a estimativa do peso seco quanto para a estimativa do peso de carbono. O melhor modelo para a estimativa do peso da matéria seca do fuste obtido por SOCHER (2004) apresentou um coeficiente de determinação ajustado de 0,94 e um erro padrão da estimativa de 20,21%. Trabalhando com Floresta Ombrófila Mista os resultados deste autor foram semelhantes aos obtidos neste trabalho para a estimativa do peso seco do fuste.

42.3 Peso da lenha

Nos Anexos 04 e 09 são apresentadas as equações ajustadas para estimar o peso seco da lenha e o peso de carbono da lenha, com os coeficientes encontrados e os valores das estatísticas de ajuste e precisão, bem como o fator de correção de Meyer para as equações logarítmicas.

As equações ajustadas para estimar o peso seco da lenha apresentaram erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) variando de 23,47% a 61,13% e coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,72 a 0,96. Os desempenhos das equações ajustadas para estimar o peso de carbono de lenha das árvores apresentaram erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%$) variando de 21,26% a 58,03% e o coeficiente de determinação (R^2) variando de 0,73 a 0,96, sendo as melhores equações as aritméticas obtidas pelo método de seleção “forward”.

A melhor equação ajustada para estimativa do peso seco da lenha é composta pelas variáveis DAP, a altura total, sendo também a equação recomendada para uso por não apresentar tendenciosidade na distribuição de resíduos. Já para estimativa do peso de carbono a melhor equação é composta pelas variáveis DAP, altura total e

diâmetro de copa, tornando-se imprópria para uso pela dificuldade que acarreta na coleta de dados e aumento de custos. Assim, a equação recomendada para estimativa do peso de carbono da lenha é composta pelo diâmetro quadrático apenas e apresentou um R^2 de 0,95 e um S_{yx} de 24,04% com distribuição residual apresentando tendenciosidade nas árvores de menores diâmetros.

BAGGIO (1994) ajustou um modelo para estimar o peso seco da lenha cujo resultado foi bastante semelhante ao melhor modelo encontrado neste trabalho, com R^2 de 0,98 e S_{yx} de 18,6%. A variável dependente do modelo de Baggio foi apenas o DAP. A base de dados desse autor foi restrita a idade de sete anos, portanto, com uma distribuição diamétrica mais homogênea e uma variação menor do peso seco, resultante da concentração dos dados numa única idade.

Analisando os gráficos de resíduos nos Anexos 15 e 16 e nos Anexos 23 e 24, observa-se que as equações logarítmicas apresentaram distribuição residual sem tendência, enquanto as aritméticas apresentaram tendência de subestimativa ou superestimativa para árvores com diâmetro menores que 8 cm.

4.2.4 Peso dos galhos maiores ou igual a 4 cm de diâmetro

Nos Anexos 05 e 10 são apresentadas as equações ajustadas para estimar o peso seco e peso de carbono dos galhos maiores que 4 cm de diâmetro, com os coeficientes encontrados e os valores dos parâmetros de ajuste e precisão, bem como o fator de correção de Meyer para as equações logarítmicas.

Os desempenhos de todas as 20 equações foram insatisfatórios tanto para estimar o peso da biomassa seca quanto para estimar o peso de carbono. Para a estimativa do peso seco o erro padrão da estimativa variou de 43,16% a 105,63% e coeficiente de determinação variou de 0,45 a 0,91. Para estimativa do peso de carbono o erro padrão da estimativa variou de 39,32% a 105,93% e coeficiente de determinação variou de 0,46 a 0,92. O menor erro e o maior coeficiente de determinação foram os da equação obtida pelo método de seleção “forward”.

Analisando as Figuras dos Anexos 17 e 18 e dos Anexos 27 e 28, observa-se que os resíduos apresentaram-se tendenciosos e com amplitude de até 1000% nos seus valores. Este resultado no ajuste das equações para estimar o peso de carbono dos galhos maiores ou igual a 4 cm é consequência da alta variação nos dados (CV = 68% na Tabela 01) e da baixa correlação entre o peso de carbono e as variáveis usadas para o ajuste das equações, conforme pode ser observado nas Tabelas 02 e 03 e nas tabelas do Anexo 01 e 02.

4.1.5 Peso dos galhos menores do que 4 cm de diâmetro

Os Anexos 06 e 11 mostram as equações ajustadas para estimar o peso seco e peso de carbono dos galhos menores que 4 cm de diâmetro, com os coeficientes encontrados e os valores dos parâmetros de ajuste e precisão, bem como o fator de correção de Meyer para as equações logarítmicas.

Os desempenhos de todas as 20 equações foram insatisfatórios. Para a estimativa do peso seco o erro padrão da estimativa variou de 36,01% a 67,55% e o coeficiente de determinação variou de 0,59 a 0,85. Já para o peso de carbono o erro padrão da estimativa variou de 35,54% a 53,13% e coeficiente de determinação variou de 0,68 a 0,85. O menor erro e o maior coeficiente de determinação foram os da equação obtida pelo método de seleção “forward”. BAGGIO (1994) encontrou para a sua melhor equação estimativa do peso seco dos ramos (Galhos menores do que 3 cm de diâmetro) um R^2 de 0,89 e S_{yx} % de 45,1. Este resultado encontrado por esse autor é semelhante aos observados neste trabalho.

Analisando as Figuras dos Anexos 19 e 20 e do Anexo 29 e 30, observa-se que os resíduos apresentaram-se tendenciosos e com amplitude de até 500% nos seus valores. Este resultado no ajuste das equações para estimar o peso seco e o peso de carbono dos galhos menor do que 4 cm é consequência da alta variação no peso seco (CV = 78,51% na Tabela 01) e da baixa correlação entre o peso seco/peso de carbono e as variáveis usadas para o ajuste das equações, conforme pode ser observado nas Tabelas 02 e 03 e nos Anexos 01 e 02.

4.1.6 Peso da Folhagem

Nos Anexos 07 e 12 são apresentadas as equações ajustadas para estimar o peso seco e peso de carbono da folhagem, com os coeficientes encontrados e os valores dos parâmetros de ajuste e precisão, bem como o fator de correção de Meyer para as equações logarítmicas.

Observando os desempenhos de todas as 20 equações, verifica-se que para peso seco da folhagem o erro padrão da estimativa variou de 36,67% a 71,90% e coeficiente de determinação variou de 0,72 a 0,87. Para a estimativa do peso de carbono da folhagem o erro padrão da estimativa variou de 42,57% a 75,21% e coeficiente de determinação variou de 0,41 a 0,80. O menor erro e o maior coeficiente de determinação foram da equação obtida pelo processo “forward”, tanto para estimativa do peso seco quanto para estimativa do peso de carbono, com o uso combinado das variáveis diâmetro de copa, altura de copa, altura do fuste, além do DAP e da altura total.

BAGGIO (1994) teve como melhor ajuste para estimativa do peso seco das folhas uma equação com R^2 de 0,91 e um $S_{yx}\%$ de 40,9 para povoamentos em idade de corte (7 anos). Na época este mesmo autor sugeriu que fossem ajustados modelos com as variáveis diâmetro de copa e altura de copa para obter equações com melhor desempenho, porém neste trabalho o uso destas variáveis na composição dos modelos não revelaram nenhuma melhora no desempenho das equações, mesmo usando uma base de dados com maior diversidade de idades e aplicando o método de seleção de variáveis “forward”. GIRARD (2005), para a estimativa das folhas do craveiro encontrou como melhor modelo ajustado o modelo de Meyer, que relaciona a biomassa das folhas de craveiro em função do diâmetro a altura do peito e da altura do fuste, foi o modelo que apresentou os melhores resultados para o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,95$) e para o erro padrão da estimativa em porcentagem ($S_{yx} \% = 10,1$).

Analisando as Figuras dos Anexos 21 e 22 e dos Anexos 31 e 32, observa-se que os resíduos apresentaram-se tendenciosos e com amplitude de até 500% nos seus

valores. Este resultado no ajuste das equações para estimar o peso seco e peso de carbono folhagem é consequência da alta variação no peso seco folhagem (CV = 47,95% na Tabela 01) e da baixa correlação entre o peso seco e as variáveis usadas para o ajuste das equações, conforme pode ser observado nas Tabelas 02 e 03 nas tabelas do Anexo 01 e 02.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os percentuais médios de matéria seca encontrados para cada componente foram: 48,49% para o fuste, 45,23% para a casca, 49,37% para os galhos maiores ou igual a 4 cm, 50,87% para os galhos menores do que 4 cm e 39,87% para as folhas.

A média do percentual de matéria seca do componente folhagem é estatisticamente igual à do componente casca, porém difere dos percentuais dos demais componentes das árvores. Já os percentuais médios dos demais componentes, incluindo o da casca são estatisticamente iguais entre si. Desta forma pode-se usar como fator de conversão de peso verde para peso seco dos componentes das árvores de bracatinga o valor encontrado para a folhagem e um valor médio dos demais componentes.

Os teores de carbono encontrados para cada componente foram: 43,69% para o fuste, 44,69% para a casca, 43,95% para os galhos maiores ou igual a 4 cm, 44,14% para os galhos menores do que 4 cm e 45,46% para a folhagem.

Não existe diferença estatisticamente significativa do teor de carbono entre classes de idade e nem entre classes de diâmetro para todos os componentes das árvores. Já o teor de carbono da folhagem é estatisticamente diferente quando comparado ao dos demais componentes. Assim pode-se usar como fator de conversão de peso seco para peso de carbono dos componentes das árvores de bracatinga o valor encontrado para a folhagem e um valor médio dos demais componentes.

O DAP em sua forma quadrática, foi a variável independente mais importante para a estimativa do peso seco total, peso seco da lenha e peso de carbono total.

O DAP e a altura total foram as variáveis mais significativas na estimativa do peso de carbono da lenha. Já o DAP e a altura foram as variáveis mais significativas na estimativa do peso seco do fuste e peso de carbono.

As equações ajustadas para estimar o peso seco e o peso de carbono da folhagem e dos galhos apresentaram erros próximos dos 50% e coeficientes de determinação em torno de 0,90 devendo seu uso ser feito com reserva, mesmo considerando que as estimativas podem apresentar um efeito compensador das super e das subestimativas.

A inclusão de outras variáveis simples ou combinadas, tanto na forma aritmética quanto na forma logarítmica, não produziram grandes melhoras no ajuste das equações quando comparadas com as equações formadas apenas com o DAP, a altura total ou altura do fuste. A inclusão das variáveis, altura de copa e diâmetro de copa demanda um grande esforço de trabalho, aumentando os custos de medição e não trazem ganhos nas estimativas da biomassa e do carbono, podendo então ser desconsideradas.

Estas equações, geradas para estimativa de biomassa e peso de carbono fixado pelas árvores de bracatinga, são importantes ferramentas para projetos de reflorestamento que visem participar do mercado de créditos de carbono, um mercado que no futuro poderá ser mais uma fonte de renda para os pequenos produtores da Região Metropolitana de Curitiba.

REFERÊNCIAS

AHRENS, S. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.77-90. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

BAGGIO, A. J. **Estudio sobre el sistema agroforestal tradicional de la bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: productividad, manejo de residuos y elaboracion de compost.** Madrid, 1994. Universidad Politécnica de Madrid, Tese Doutorado. 242p.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A.; GRAÇA, L. R.; CECCON, E. Sistema agroflorestal tradicional da bracatinga com culturas anuais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n.12, p.73-82, 1986.

BALBINOT, R. ; SCHUMACHER, M. V. ; WATZLAWICK, L. F. ; SANQUETTA, C. R. Inventário de Carbono Orgânico em um Plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio grande do Sul. Guararapuava. 2003. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 5, n. 1. p. 59-68.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Celulose sulfato branqueada de bracatinga. **Brasil Florestal**, Brasília, v.12, n.49, p.45-50, 1982.

BRIGADÃO, C. **Dicionário de Ecologia.** Rio de Janeiro: Toop Books Editora e Distribuidora Ltda, 1992. 344 p.

BROWN, J. K. **Estimating crown fuel weights of red pine and jack pine.** U. S. Forest Service Research Paper LS-20, 1965. 12 p.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** Curitiba, 2003. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – UFPR. 176p.

CAMPOS, J. C. C.; SILVA, J. A. da; VITAL, B. R. Volume e biomassa do tronco e da copa de eucalipto de grande porte. Viçosa, 1992. **Revista Árvore.** v. 16 (3), p. 319 a 336.

CARPANEZZI, A. A.; CARPANEZZI, O. T. B. Cultivo da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) no Brasil e prioridades para o seu aperfeiçoamento. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., 1992, Nova Prata. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. v.2, p.640-655.

CARPANEZZI, A. A.; IVANCHECHEN, S. L.; LISBÃO JUNIOR, L. **Deposição de matéria orgânica e nutrientes por bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1984. 3 p. (EMBRAPA-URPFCS. Pesquisa em andamento, 2). Parte do Relatório de atividades 1983-84 da EMBRAPA-URPFCS.

CARPANEZZI, A. A.; PAGANO, S. N.; BAGGIO, A. J. Banco de sementes de bracatinga em povoamentos do sistema agroflorestal tradicional de cultivo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.35, p.3-19, 1997.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 640p.

CATHARINO, E. L. M.; CRESTANA, C. S. M.; KAGEYAMA, P. Y. Biologia floral da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1982. Publicado na Silvicultura em São Paulo, v.16 A, parte 2, p.525-531.

CHANG, M. Y. Seqüestro florestal de carbono no Brasil – Dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisa. In: **2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono**. Curitiba, 2004. p 15-37.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. 2º ed. New York, John Wiley & Sons, Inc. 709 p. 1980.

DRUMOND, M. A. **Distribuição da biomassa arbórea e dos nutrientes em plantações puras e consorciadas de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Bar. et Golf**. Piracicaba, 1985. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – ESALQ/USP. 87p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (Curitiba-PR). **Manual técnico da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Curitiba, 1988. 70p. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 20).

FEARNSIDE, P.M. Greenhouse gas emissions from land use change in Brazil Amazon region. In: **Lal R.; Kimble J.M. and Stewart B.A. (eds)**. Global Climate Change and Tropical Ecosystems. Advances in Soil Science – CRC Press. Boca Raton, Florida. 2000. p. 231-249.

FEARNSIDE, P.M.. Biomassa das florestas amazônicas brasileiras. In: **Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil**. Porto Alegre. 1994. Anais. Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro. p. 95-124.

FRANCO, E. J. **Estudo dos métodos estimativos de volume, biomassa e níveis de produtividade para *Eucalyptus camaldulensis***. Lavras, 1996. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - UFLA. 100p.

GIRARD, E. A. **Volume, biomassa e rendimento de óleos essenciais do craveiro (*Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum) em Floresta Ombrófila Mista**. Curitiba, 2005. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - UFPR. 60p.

HIGUCHI, N; CARVALHO JR., J. A. Fitomassa e conteúdo de carbono das espécies arbóreas da Amazônia. In: Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Porto Alegre, 1994. **Anais...** Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro. p. 125-153.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J. DOS; RIBEIRO, J. R.; MINETTE, L.; BIOT, Y.. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. Manaus 1998. **Acta Amazonica**. 28 (2):153-166.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Editora da UFPR. Curitiba, 1998. 162p.

HUSCH, B. **Tree weight relationships for white pine in southeastern New Hampshire**. Univ. New Hampshire Agric. Exp. Sta. Tech. Bull. no. 106. 1962

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. 3^a ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 401p.

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

KLEIN, R. M. Observações e considerações sobre a vegetação do planalto nordeste catarinense. **Sellowia**, Itajaí, v.14, n.15, p.39-56, 1963.

KLEIN, R. M. Árvores nativas da mata pluvial da costa atlântica de Santa Catarina. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1968, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FIEP, 1968. p.65-103.

KLEIN, R. M. Aspectos fitossociológicos da bracatinga (*Mimosa scabrella*). In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.145-148. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. 1973. Biomass estimation in a central Amazonian rain forest. **Acta Científica Venezolana** 24:225-237.

LADEIRA, B. C.; REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; BARROS, N.F. de. Produção de biomassa de eucalipto sob três espaçamentos, em uma seqüência de idade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 69-78, 2001.

LAURENT, J. M. E.; CAMPOS, J. B.; BITTENCOURT, S. M. **Análise técnico-econômica do sistema agroflorestal da bracatinga na região metropolitana de Curitiba**. Curitiba: EMATER-PR, 1990. 72p. (Projeto FAO-GCP/BRA/025/FRA. Série Estudos Florestais, 4).

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

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.

MAESTRI, R.; SANQUETTA, C. R.; MACHADO, S. do A.; SCOLFORO, J. R. S.; DALLA CÔRTE, A. P. Viabilidade de um projeto florestal de *Eucalyptus grandis* considerando o seqüestro de carbono. Curitiba, 2004. **Revista Floresta**. n. 34 (3), Set/Dez. p.347-360.

MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. 1994. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: o exemplo de uma floresta situada no estado de Rondônia. *In*: Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Porto Alegre. **Anais...** Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro. p. 197-221.

MAZUCHOWSKI, J. Z. Organização da reposição florestal. Curitiba: **PROJETO FAO-GCP / BRA / 025 / FRA.**, 1990. 126p. (Série Subsídios Florestais, 2).

NEVES, E. J. M.; REISSMANN, C. B.; DÜNISCH, O. Biomassa e conteúdo de elementos minerais nos compartimentos arbóreos de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. Colombo / Embrapa Florestas, 2001. **Boletim de Pesquisa Florestal**. n. 42. pg. 47 - 56.

PARDÉ, J. Forest Biomass. *In*: **Forestry Abstracts Review Article**, France, ago 1980. Station de Sylviculture et de Production, Centre Nacional de Recherches Forestières, v.41, n.8, p. 349; 350; 352.

PINHEIRO, G. S. **Estimativa de pesos de copas de *Pinus caribea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa* através de parâmetros dendrométricos**. Curitiba, 1980. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR. 105 p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M. O reino vegetal de Rio do Sul. **Sellowia**, Itajaí, v.16, n.16, p.9-118, 1964.

ROCHADELLI, R. **A estrutura de fixação dos átomos de carbono em reflorestamento (Estudo de caso: *Mimosa scabrella* Bentham, Bracatinga).** Curitiba, 2001. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal - UFPR. 86p.

RENNER, R. M. **Seqüestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil.** Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR. 132p.

RESENDE, A. V. **Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um Cerrado Sensu Stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento.** Curitiba, 2002. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. 243p.

ROSOT, N. C. **Estimativa do peso de madeira seca de *Pinus taeda* L. por ocasião do primeiro desbaste.** Curitiba, 1980. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR.

ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa scabrella*). SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 4., 1981, Curitiba. Bracatinga uma alternativa para reflorestamento: **Anais...** Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.117-122. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).

SALATI, E. Emissão x seqüestro de CO₂ - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: **Seminário emissão x seqüestro de CO₂ - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil.** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce. p. 15-37, 1994

SANQUETTA C.; L. WATZLAWICK; M. SCHUMACHER; A. MELLO. 2001. Relações individuais de biomassa e conteúdo carbono em plantações de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* no sul do estado do Paraná, Brasil. **2º Simpósio Latino Americano sobre Manejo Florestal.** Santa Maria - RS. Brasil. 2001.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In. **As Florestas e o Carbono.** Curitiba, 2002. p.119-140.

SANQUETTA, C. R; BALBINOT, R. Metodologia para determinação de biomassa florestal. In: **Fixação de carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisa.** 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Curitiba. 2004. p. 77 – 94

SANTOS, S. R. M. dos; MIRANDA, I. de S.; TOURINHO, M. M. Estimativa de biomassa de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. Manaus, 2004. **Acta Amazônica.** vol. 34 (1) p. 1 – 8

SCHOREDER, J. G.; TARAS, M. A.; CLARK, A. **Stem and primary products weights for longleaf pine sawtimber trees**. U.S.F.S. For. Exp. Sta. Res. Pap. SE – 139. 1975. 15 p.

SCOLFORO, J. R. S.; LIMA, J. T.; SILVA, S. T. da. Equações de biomassa e volume para cerrado Senso Stricto. In: Congresso Florestal Panamericano (1: 1993: Curitiba) e Congresso Florestal Brasileiro (7: 1993: Curitiba). **Anais...** SBS/SBEF. v. 2 p. 508–510.

SCHUMACHER, M.V. **Nährstoffkreislauf in verschiedenen Beständen von *Eucalyptus saligna* Smith, *Eucalyptus dunnii* Maiden und *Eucalyptus globulus* Labillardière in Rio Grande do Sul, Brasilien**. Viena: Wien. 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) - Universität für Bodenkultur, Wien, 1995.

SILVA, H. D. **Modelos matemáticos para a estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill (ex. Maiden) em diferentes idades**. Curitiba, 1996. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – UFPR. 101p.

SILVA, L. B. X. da; REICHMANN NETO, F.; TOMASELLI, I. Estudo comparativo da produção de biomassa para energia entre 23 espécies florestais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4., 1982, Belo Horizonte. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1982. Publicado na Silvicultura, v.8, n.28, 1983. p.872-878.

SOARES, R. V.; HOSOKAWA, R. T. Estimativa da Biomassa Energética de Árvores de Bracatinga. Brasília, 1984. **Brasil Florestal: Boletim Técnico**. n.8. p. 37 - 48.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. de. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, 2002. **Revista Árvore**. vol.26, n.5, set./out. p.533 - 539.

SOCHER, L.G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná**. Curitiba, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal - UFPR. 87p.

STOREY, T. G.; FONS, W. L. & SAUER, F. M. **Crown characteristics of several conifer tree species**. United State Forest Service, Interm. Tech. Rep. AFSWP - 416, 1955. 95 p.

TARAS, M. A. **Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of loblolly pine**. United State Forest Service Research Paper SE-121. 1974. 11 p.

TEIXEIRA, L. M. **Influência da Intensidade de Exploração Seletiva de Madeira no Crescimento e Respiração do Tecido Lenhoso das Árvores em uma Floresta**

Tropical de Terra-Firme na Região de Manaus. Manaus, 2003. Dissertação Mestrado - INPA/UFAM. 61p.

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II.** Curitiba, 2003. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal - UFPR 58p.

WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; SANQUETTA, C. R.; CALDEIRA, M. V. W. Teores de Carbono em Espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: **Fixação de carbono: Atualidades, Projetos e Pesquisas.** 2º Simpósio Latino Americano sobre Fixação de Carbono. Curitiba. 2004. p. 95 – 109.

WENDLING, J. L. G. **Modelos matemáticos de crescimento e de produção em biomassa para árvores de *Euterpe edulis* Mart. plantadas a céu aberto.** Curitiba, 1998. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal – UFPR. 168p.

ZAVITKOVSKI, J. Dry weight and leaf area of aspen trees in Northern Wisconsin. In: **Forest Biomass Studies.** University of Florida. p.192-206. 1971.

ANEXOS

ANEXO 01 - TABELA DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA ARITMÉTICA.

VARIÁVEIS	FOLHA	GALHO ≥ 4	GALHO < 4	FUSTE	TOTAL	LENHA
d	0,82	0,83	0,80	0,95	0,95	0,95
h	0,51	0,47	0,50	0,79	0,70	0,71
h _f	0,15	-0,09	0,14	0,49	0,31	0,32
h _c	0,53	0,71	0,54	0,51	0,60	0,59
d _c	0,82	0,73	0,80	0,84	0,86	0,84
d ²	0,82	0,87	0,82	0,95	0,98	0,98
h ²	0,50	0,47	0,49	0,80	0,70	0,71
h _f ²	0,15	-0,08	0,14	0,49	0,31	0,32
h _c ²	0,54	0,75	0,53	0,51	0,61	0,61
d _c ²	0,84	0,77	0,83	0,82	0,86	0,85
dh	0,75	0,77	0,74	0,97	0,94	0,94
dh _f	0,61	0,52	0,61	0,93	0,82	0,83
dh _c	0,79	0,92	0,76	0,84	0,91	0,91
dd _c	0,87	0,85	0,86	0,91	0,95	0,94
d ² h	0,77	0,84	0,76	0,97	0,97	0,98
d ² h _f	0,68	0,68	0,69	0,98	0,92	0,93
d ² h _c	0,80	0,95	0,78	0,87	0,95	0,95
d ² d _c	0,86	0,88	0,85	0,89	0,95	0,94
d _c ² h	0,81	0,78	0,80	0,87	0,88	0,87
d _c ² h _f	0,72	0,62	0,72	0,87	0,83	0,82
d _c ² h _c	0,84	0,87	0,82	0,78	0,86	0,85
d _c h _f	0,65	0,49	0,65	0,87	0,78	0,78
d _c h	0,78	0,73	0,76	0,90	0,88	0,87
d _c h _c	0,81	0,87	0,79	0,78	0,86	0,85

Onde: d = diâmetro a altura do peito (cm); h = altura total (m); h_f = altura do fuste (m); h_c = altura de copa (m); d_c = diâmetro de copa (m);

ANEXO 02 - TABELA DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE PESO SECO E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES EM SUAS COMBINAÇÕES, TODAS NA FORMA LOGARITMICA.

VARIÁVEIS	FOLHA	GALHO ≥ 4	GALHO < 4	FUSTE	TOTAL	LENHA
lnd	0,91	0,90	0,83	0,98	0,99	0,99
lnh	0,68	0,67	0,65	0,86	0,84	0,84
lnh _f	0,44	0,01	0,25	0,66	0,54	0,58
lnh _c	0,39	0,81	0,58	0,36	0,46	0,42
lnd _c	0,90	0,84	0,83	0,89	0,92	0,91
lnd ²	0,91	0,90	0,83	0,98	0,99	0,99
lnh ²	0,68	0,67	0,65	0,86	0,84	0,84
lnh _f ²	0,44	0,01	0,25	0,66	0,54	0,58
lnh _c ²	0,39	0,81	0,58	0,36	0,46	0,42
lnd _c ²	0,90	0,84	0,83	0,89	0,92	0,91
lndh	0,88	0,88	0,81	0,98	0,98	0,98
lndh _f	0,83	0,68	0,68	0,97	0,93	0,94
lndh _c	0,79	0,95	0,84	0,82	0,88	0,86
lndd _c	0,93	0,90	0,85	0,95	0,97	0,96
lnd ² h	0,90	0,89	0,82	0,98	0,99	0,99
lnd ² h _f	0,88	0,80	0,75	0,99	0,97	0,98
lnd ² h _c	0,87	0,95	0,86	0,90	0,95	0,93
lnd ² d _c	0,93	0,91	0,85	0,96	0,98	0,98
lnd _c ² h	0,90	0,85	0,83	0,92	0,94	0,93
lnd _c ² h _f	0,89	0,78	0,78	0,94	0,93	0,93
lnd _c ² h _c	0,86	0,91	0,86	0,85	0,90	0,88
lnd _c h _f	0,86	0,70	0,72	0,94	0,92	0,92
lnd _c h	0,89	0,86	0,82	0,93	0,95	0,94
lnd _c h _c	0,81	0,92	0,85	0,79	0,85	0,83

Onde: d = ln = logaritmo neperiano; diâmetro a altura do peito (cm); h = altura total (m); h_f = altura do fuste (m); h_c = altura de copa (m); d_c = diâmetro de copa (m);

ANEXO 03 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DO FUSTE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{yx}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	$p_s = -59,59206 + 9,220499d$	32,62	0,895	
2	$p_s = -0,76514 + 0,29165d^2$	32,30	0,897	
3	$p_s = 19,51866 + 0,01021d^3$	44,36	0,805	
4	$p_s = -101,43146 + 7,594d + 4,551h$	31,35	0,903	
5	$p_s = -79,06971 + 8,6755d + 3,0586hf$	30,68	0,907	
6	$p_s = 6,79711 + 0,016078d^2h$	24,57	0,940	
7	$p_s = 3,96312 + 0,028185d^2hf$	21,33	0,955	
8	$p_s = -29,61432 + 30,20038dc$	56,55	0,683	
9	$p_s = -4,12598 + 0,255024d^2 + 3,627197dc$	32,23	0,897	
10*	$p_s = -44,90105 + 0,0123d^2hf + 0,3002dh + 4,2165dc + 197,8859*d^{-1} - 1,7854hc \implies$ "Forward"	17,57	0,969	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	$\ln p_s = -1,95277 + 2,24903\ln d$	41,13	0,837	1,0296
2	$\ln p_s = -1,95277 + 1,12452\ln d^2$	41,25	0,836	1,0298
3	$\ln p_s = -1,95277 + 0,74968\ln d^3$	41,37	0,835	1,0299
4	$\ln p_s = -3,92084 + 1,8728\ln d + 1,1081\ln h$	27,13	0,929	1,0221
5**	$\ln p_s = -2,88197 + 2,00026\ln d + 0,72683\ln hf$	20,10	0,961	1,0109
6	$\ln p_s = -3,67026 + 0,96267\ln d^2h$	28,22	0,923	1,0224
7	$\ln p_s = -3,09678 + 0,94824\ln d^2hf$	21,27	0,956	1,0131
8	$\ln p_s = 2,04835 + 1,673399\ln dc$	58,98	0,664	1,1428
9	$\ln p_s = -1,9004 + 1,108593\ln d^2 + 0,027878\ln dc$	41,85	0,831	1,0309
10	$\ln p_s = -3,30951 + 0,292602\ln d^2h + 0,6651\ln d^2hf \implies$ "Forward"	19,30	0,964	1,0111

Onde: ps = peso seco (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 04 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DA MADEIRA USADA COMO LENHA, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	$p_s = -95,48803 + 13,43449d$	37,13	0,897	
2	$p_s = -11,35519 + 0,4329d^2$	25,58	0,951	
3	$p_s = 16,1806 + 0,01614d^3$	37,33	0,896	
4	$p_s = -88,5381 + 13,6979d - 0,7509h$	37,06	0,898	
5	$p_s = -81,086 + 13,8608d - 2,2906hf$	36,18	0,902	
6	$p_s = -1,04058 + 0,038819d^2h$	25,34	0,952	
7	$p_s = 1,493772 + 0,038819d^2hf$	44,19	0,854	
8	$p_s = -56,36629 + 45,69452dc$	62,81	0,706	
9	$p_s = -14,61813 + 0,417712d^2 + 2,169466dc$	25,53	0,951	
10*/**	$p_s = -6,669413 + 0,209204d^2 + 0,012728d^2h \implies \text{"Forward"}$	23,47	0,959	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	$\ln p_s = -2,43334 + 2,51255 \ln d$	35,54	0,906	1,0207
2	$\ln p_s = -2,43334 + 1,25627 \ln d^2$	35,54	0,906	1,0207
3	$\ln p_s = -2,43334 + 0,83752 \ln d^3$	35,54	0,906	1,0207
4	$\ln p_s = -3,71068 + 2,27275 \ln d + 0,71545 \ln h$	28,38	0,940	1,0180
5	$\ln p_s = -2,86568 + 2,39078 \ln d + 0,34466 \ln hf$	29,78	0,934	1,0165
6	$\ln p_s = -4,32932 + 1,0726 \ln d^2 h$	28,92	0,938	1,0191
7	$\ln p_s = -3,50906 + 1,02987 \ln d^2 hf$	44,19	0,854	1,0348
8	$\ln p_s = 2,03006 + 1,83583 \ln dc$	61,13	0,721	1,1443
9	$\ln p_s = -2,18132 + 1,1832 \ln d^2 + 0,10943 \ln dc$	32,12	0,923	1,0203
10	$\ln p_s = -3,70412 + 1,00453 \ln d^2 h + 0,20072 \ln dc - 0,192005 hc \implies \text{"Forward"}$	26,20	0,949	1,0158

Onde: ps = peso seco (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 05 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES DO QUE 4 CM DE DIÂMETRO, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	$p_s = -56,14268 + 5,57244d$	77,43	0,701	
2	$p_s = -17,2872 + 0,172998d^2$	67,28	0,774	
3	$p_s = -4,08811 + 0,00626d^3$	62,86	0,803	
4	$p_s = -12,44636 + 7,1642d - 4,655202h$	71,02	0,748	
5	$p_s = -14,98493 + 6,26297d - 5,70348hf$	60,95	0,815	
6	$p_s = -10,05989 + 0,00906d^2h$	76,61	0,707	
7	$p_s = -5,60345 + 0,01325d^2hf$	103,92	0,461	
8	$p_s = -32,32949 + 16,92068dc$	94,16	0,558	
9	$p_s = -19,43785 + 0,15487d^2 + 1,8537dc$	66,62	0,779	
10*/**	$p_s = 0,56781 + 0,03782d^2 + 0,02497d^2h - 0,02907d^2hf - 0,06395dh \implies$ "Forward"	43,16	0,907	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	$\ln p_s = -6,96524 + 3,53119 \ln d$	60,01	0,824	1,2381
2	$\ln p_s = -6,96524 + 1,76559 \ln d^2$	60,01	0,824	1,2381
3	$\ln p_s = -6,96524 + 1,17706 \ln d^3$	60,01	0,824	1,2381
4	$\ln p_s = -5,83172 + 3,77477 \ln d - 0,66732 \ln h$	58,75	0,831	1,2375
5	$\ln p_s = -4,28181 + 3,86991 \ln d - 1,64726 \ln hf$	100,71	0,503	1,1474
6	$\ln p_s = -9,26645 + 1,46323 \ln d^2 h$	72,48	0,743	1,2686
7	$\ln p_s = -7,76975 + 1,35666 \ln d^2 hf$	105,63	0,453	1,5169
8	$\ln p_s = -0,52107 + 2,49579 \ln dc$	87,44	0,625	1,4032
9	$\ln p_s = -5,53222 + 1,33548 \ln d^2 + 0,72347 \ln dc$	54,89	0,852	1,2221
10	$\ln p_s = -5,938015 - 0,51139 \ln d^2 h + 1,78522 \ln d^2 hc \implies$ "Forward"	46,26	0,903	1,1050

Onde: ps = peso seco (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 06 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 CM DE DIÂMETRO, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	S _{yx} %	R ² aj	
1	$p_s = -4,88557 + 0,86339d$	42,52	0,790	
2	$ps = 0,27612 + 0,02986d^2$	40,22	0,812	
3	$ps = 2,13742 + 0,00113d^3$	46,24	0,752	
4	$ps = -2,49731 + 0,95868d - 0,26202h$	41,88	0,796	
5**	$ps = -2,81521 + 0,92477d - 0,33001hf$	40,74	0,807	
6	$ps = 1,09187 + 0,00165d^2h$	43,14	0,784	
7	$ps = 1,07747 + 0,00272d^2hf$	48,14	0,731	
8	$ps = -2,16271 + 2,75898dc$	51,75	0,689	
9	$ps = -1,11879 + 0,01453d^2 + 1,33850dc$	40,48	0,810	
10*	$ps = 24,94795 - 4,15905d + 0,27256d^2 - 0,00473d^3 + 0,55408dc - 44,67591d^{-1} \implies$ "Forward"	36,01	0,849	
Nº	LOGARITMICA			
1	$\ln ps = -2,07027 + 1,49073\ln d$	47,93	0,795	1,1272
2	$\ln ps = -2,47027 + 0,79537\ln d^2$	48,18	0,793	1,1114
3	$\ln ps = -2,47027 + 0,53024\ln d^3$	48,18	0,793	1,1114
4	$\ln ps = -2,05537 + 1,76848\ln d - 0,23232\ln h$	51,72	0,761	1,1450
5	$\ln ps = -1,46582 + 1,87882\ln d - 0,80658\ln hf$	45,78	0,813	1,0870
6	$\ln ps = -3,61742 + 0,67188\ln d^2h$	54,90	0,731	1,1186
7	$\ln ps = -2,73160 + 0,59063\ln d^2hf$	67,55	0,592	1,1700
8	$\ln ps = 0,28946 + 1,21247\ln dc$	62,29	0,653	1,1184
9	$\ln ps = -0,92417 + 0,34120\ln d^2 + 0,69656\ln dc$	56,21	0,718	1,1029
10	$\ln ps = -1,23537 + 3,28235\ln d - 0,76869\ln d^2hf \implies$ "Forward"	47,22	0,801	1,0890

Onde: ps = peso seco (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 07 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO SECO DA FOLHAGEM, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	$p_s = -4,44366 + 0,72305d$	40,95	0,832	
2	$p_s = -0,00478 + 0,02440d^2$	43,71	0,808	
3	$p_s = 1,56905 + 0,000901d^3$	53,43	0,713	
4**	$p_s = -2,12406 + 0,81507d - 0,25382h$	38,88	0,848	
5	$p_s = -3,14647 + 0,76755d - 0,21333hf$	39,13	0,846	
6	$p_s = 0,63301 + 0,00137d^2h$	52,74	0,721	
7	$p_s = 0,68792 + 0,00216d^2hf$	55,86	0,687	
8	$p_s = -2,31503 + 2,36370dc$	49,50	0,754	
9	$p_s = -1,84930 + 0,01219d^2 + 1,39404dc$	39,07	0,847	
10*	$p_s = -6,50888 + 0,73822d - 0,17025h + 0,76127dc + 20,50980d^{-1} ==> \text{"Forward"}$	36,67	0,865	
Nº	LOGARITMICA			
1	$\ln p_s = -3,17027 + 1,78073\ln d$	51,98	0,800	1,1204
2	$\ln p_s = -3,47027 + 0,93537\ln d^2$	51,39	0,805	1,1204
3	$\ln p_s = -3,87027 + 0,67024\ln d^3$	49,76	0,817	1,1204
4	$\ln p_s = -3,15537 + 1,78848\ln d - 0,00232\ln h$	51,76	0,802	1,1088
5	$\ln p_s = -3,46582 + 1,89882\ln d - 0,00658\ln hf$	50,32	0,813	1,1206
6	$\ln p_s = -5,61742 + 0,87188\ln d^2h$	62,99	0,707	1,1503
7	$\ln p_s = -5,73160 + 0,95063\ln d^2hf$	71,90	0,618	1,2272
8	$\ln p_s = -1,99946 + 1,51247\ln dc$	61,69	0,719	1,1710
9	$\ln p_s = -3,45419 + 0,78985\ln d^2 + 0,60443\ln dc$	45,10	0,850	1,1064
10	$\ln p_s = -2,10026 + 1,48880\ln d^3 - 1,15609\ln d^2h + 0,65354\ln dc ==> \text{"Forward"}$	46,60	0,839	1,0937

Onde: ps = peso seco (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 08 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DO FUSTE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{yx}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	pc = -26,14016 + 4,04254d	34,08	0,886	
2	pc = -0,57713 + 0,12298d ²	31,41	0,903	
3	pc = 10,19675 + 0,00402d ³	40,43	0,839	
4	pc = -40,20041 + 3,54411d + 1,48014h	32,69	0,895	
5	pc = -34,28249 + 3,84192d + 1,23240hf	32,26	0,897	
6	pc = 2,96455 + 0,00705d ² h	25,05	0,938	
7	pc = 1,58653 + 0,01239d ² hf	21,53	0,954	
8	pc = -12,44118 + 12,94021dc	56,34	0,687	
9	pc = -4,6735 + 0,09930d ² + 3,31938dc	31,94	0,899	
10	pc = 3,72747 + 0,19416h - 1,71216hf + 0,00587d ² h - 0,002d ² hf - 0,07433dh + 0,28158dhf ==> "Forward"	18,37	0,967	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	lnpc = -2,78516 + 2,25322ln d	36,20	0,871	1,0294
2	lnpc = -2,78516 + 1,12661ln d ²	36,20	0,871	1,0294
3	lnpc = -2,78516 + 0,75107ln d ³	36,31	0,870	1,0295
4	lnpc = -4,43254 + 1,86871ln d + 0,98699ln h	24,72	0,940	1,0224
5	lnpc = -3,62906 + 1,94733ln d + 0,74518ln hf	19,94	0,961	1,0112
6	lnpc = -4,49566 + 0,96257ln d ² h	27,25	0,927	1,0224
7**	lnpc = -3,89736 + 0,94419ln d²hf	21,20	0,956	1,0130
8	lnpc = 1,21816 + 1,63989ln dc	58,22	0,666	1,1419
9	lnpc = -2,72847 + 1,10819ln d ² + 0,03493ln dc	36,69	0,87	1,0305
10*	lnpc = -3,72797 + 0,18982ln d²h + 0,69839ln d²hf + 0,07126ln dc² ==> "Forward"	18,27	0,97	1,0104

Onde: pc = peso carbono (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 09 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DA LENHA DE CADA ÁRVORE, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{yx} %) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	pc = -41,29867 + 5,81777d	34,28	0,905	
2**	pc = -4,85369 + 0,18859d²	24,04	0,953	
3	pc = 7,95379 + 0,00675d ³	31,39	0,920	
4	pc = -35,69785 + 6,03317d - 0,60387h	34,14	0,906	
5	pc = -34,74341 + 6,00807d - 1,03009hf	33,66	0,908	
6	pc = 0,14554 + 0,01038d ² h	25,54	0,947	
7	pc = 0,78141 + 0,01670d ² hf	41,42	0,861	
8	pc = -22,46773 + 18,95983dc	58,98	0,719	
9	pc = -7,11662 + 0,17708d ² + 1,55734dc	23,69	0,955	
10*	pc = 114,16936 - 15,30619d + 0,29017d² + 0,01948d²h + 2,33772dc - 284,98589d⁻¹ - 0,00073d3h ==> "Forward"	21,26	0,963	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	lnpc = -3,22049 + 2,49559ln d	29,97	0,927	1,0207
2	lnpc = -3,22049 + 1,2478ln d ²	29,97	0,927	1,0207
3	lnpc = -3,22049 + 0,83186ln d ³	29,97	0,927	1,0207
4	lnpc = -4,10012 + 2,25440ln d + 0,55827ln h	24,81	0,950	1,0185
5	lnpc = -3,58183 + 2,31667ln d + 0,37091ln hf	27,78	0,938	1,0170
6	lnpc = -5,07406 + 1,06066ln d ² h	28,26	0,935	1,0191
7	lnpc = -4,28510 + 1,02191ln d ² hf	41,72	0,859	1,0341
8	lnpc = 1,19993 + 1,83092ln dc	58,03	0,728	1,1425
9	lnpc = -3,00361 + 1,18033ln d ² + 0,12148ln dc	28,08	0,94	1,0204
10	lnpc = -4,10308 + 1,35828ln d ² h - 0,60666ln dh + 0,17181ln dc - 0,18811ln hc ==> "Forward"	25,22	0,95	1,0156

Onde: pc = peso carbono (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m); ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 10 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES DO QUE 4 CM, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX} %) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	pc = -20,9231 + 2,1452d	75,53	0,688	
2	pc = -5,35227 + 0,06389d ²	69,64	0,735	
3	pc = -0,038593 + 0,002216d ³	69,19	0,738	
4	pc = -5,35346 + 2,66401d - 1,60599h	72,05	0,716	
5	pc = -3,39651 + 2,47251d - 2,46345hf	60,31	0,801	
6	pc = -2,83198 + 0,00340d ² h	75,66	0,687	
7	pc = -0,331615 + 0,004603d ² hf	99,93	0,454	
8	pc = -13,0847 + 6,9592dc	91,87	0,539	
9	pc = -7,60481 + 0,05610d ² + 1,22397dc	69,11	0,739	
10*/**	pc = -10,7403 + 0,0339d² + 0,0077d²h - 0,0106d²hf + 68,3388d⁻¹ + 0,1813dc² ==> "Forward"	39,32	0,916	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	lnpc = -7,51789 + 3,42211ln d	59,89	0,828	1,2314
2	lnpc = -7,51789 + 1,71105ln d ²	60,21	0,826	1,2336
3	lnpc = -7,51787 + 1,14070ln d ³	60,54	0,824	1,2358
4	lnpc = -2,18289 + 1,44068ln d + 0,05243ln h	64,13	0,803	1,7699
5	lnpc = -0,17563 + 1,99264ln d - 1,51754ln hf	79,97	0,693	1,5301
6	lnpc = -9,80034 + 1,42449ln d ² h	73,90	0,738	1,2749
7	lnpc = -8,23642 + 1,30679ln d ² hf	103,20	0,489	1,5264
8	lnpc = -1,32538 + 2,47942ln dc	91,84	0,596	1,4413
9	lnpc = -6,22563 + 1,307833ln d ² + 0,731738ln dc	55,59	0,85	1,2330
10	lnpc = -5,37904 + 1,86553ln d ³ - 1,34052ln d ² h + 1,69805h ==> "Forward"	56,89	0,84	1,1108

Onde: pc = peso carbono (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m);ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

ANEXO 11 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 CM, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{YX} %) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

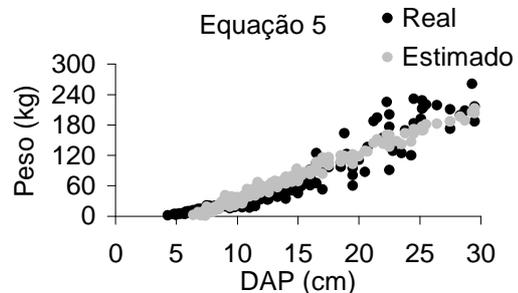
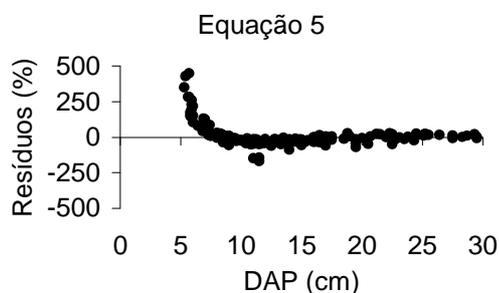
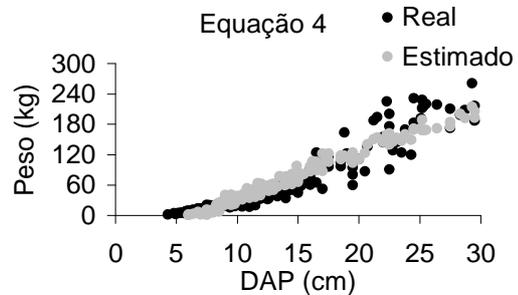
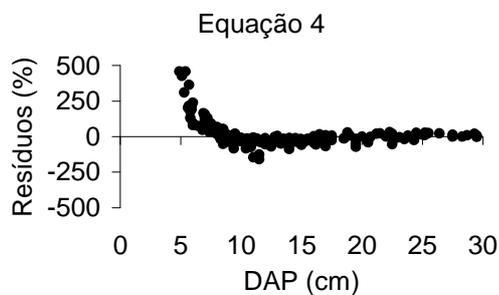
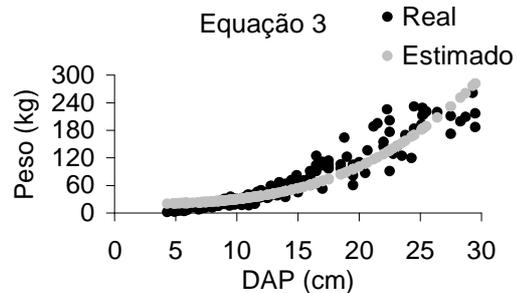
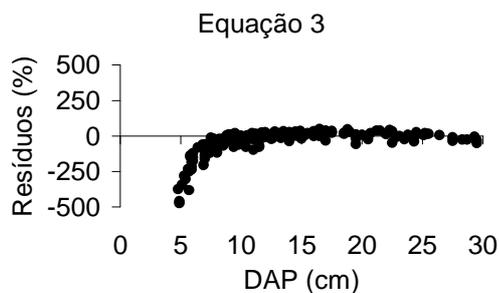
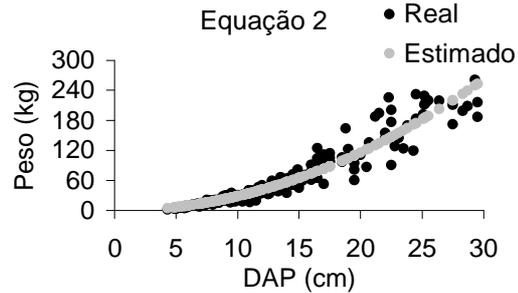
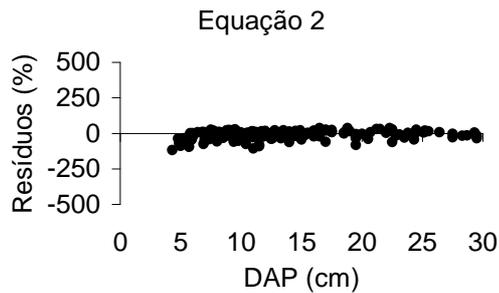
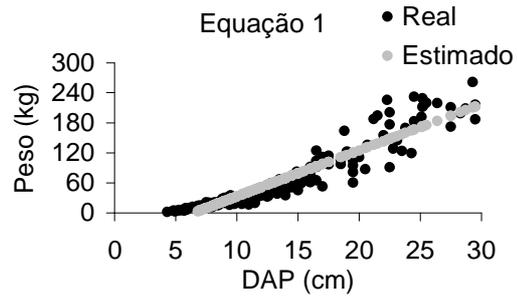
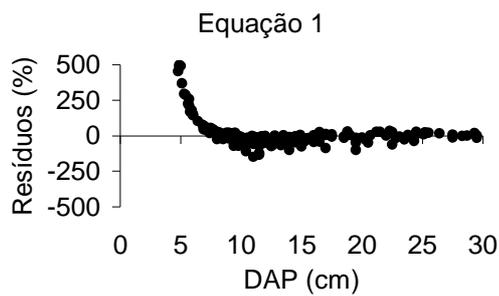
Nº	ARITIMETICA	Syx %	R ² aj	
1	pc = -2,04142 + 0,36343d	41,71	0,791	
2	pc = 0,205465 + 0,012089d ²	38,79	0,820	
3	pc = 1,012011 + 0,000439d ³	43,98	0,768	
4	pc = -0,951233 + 0,407035d - 0,119013h	41,03	0,798	
5	pc = -1,11063 + 0,39033d - 0,1464hf	40,08	0,807	
6	pc = 0,547526 + 0,00066d ² h	41,65	0,792	
7	pc = 0,513728 + 0,001107d ² hf	46,79	0,738	
8	pc = -0,93285 + 1,180472dc	51,82	0,678	
9	pc = -0,147213 + 0,009952d ² + 0,261342dc	38,19	0,825	
10*/**	pc = -4,23039 - 1,06292d + 0,09233d² - 0,00177d³ ==> "Forward"	35,54	0,849	
Nº	LOGARITMICA	Syx %	R ² aj	FC Meyer
1	lnpc = -3,20465 + 1,55666ln d	41,10	0,799	1,1058
2	lnpc = -3,20465 + 0,77833ln d ²	41,10	0,799	1,1058
3	lnpc = -3,20465 + 0,51889ln d ³	41,10	0,799	1,1058
4	lnpc = -3,16798 + 1,56380ln d - 0,02076ln h	41,19	0,798	1,1064
5	lnpc = -2,34418 + 1,82102ln d - 0,71313ln hf	46,48	0,743	1,0876
6	lnpc = -4,32540 + 0,65705ln d ² h	42,92	0,781	1,1090
7	lnpc = -3,49935 + 0,58502ln d ² hf	51,85	0,680	1,1539
8	lnpc = -0,50982 + 1,18914ln dc	53,13	0,664	1,1203
9	lnpc = -2,26664 + 0,495336ln d ² + 0,480853ln dc	41,97	0,79	1,0976
10	lnpc = -3,20465 + 0,51889ln d ³ ==> "Forward"	41,10	0,80	1,1058

Onde: pc = peso carbono (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m);ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.

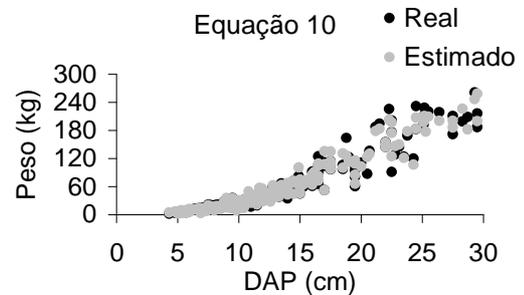
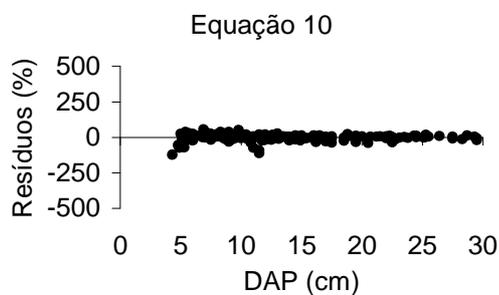
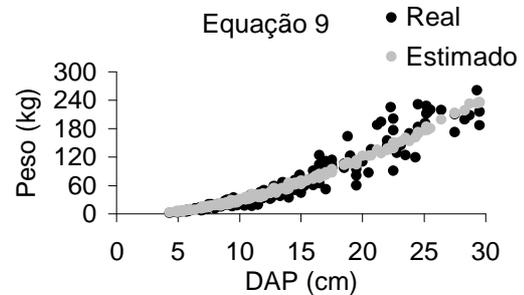
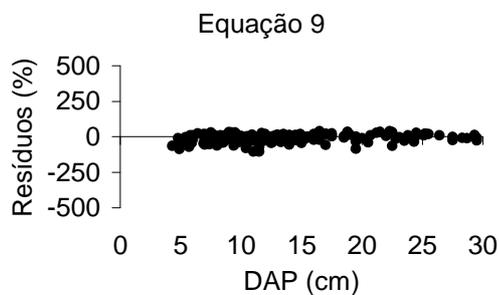
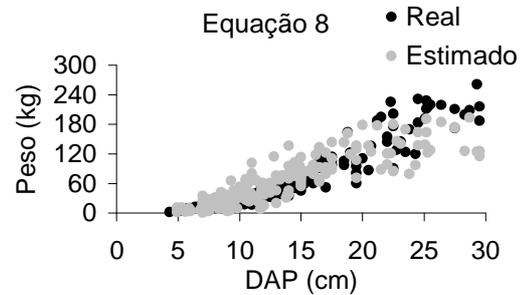
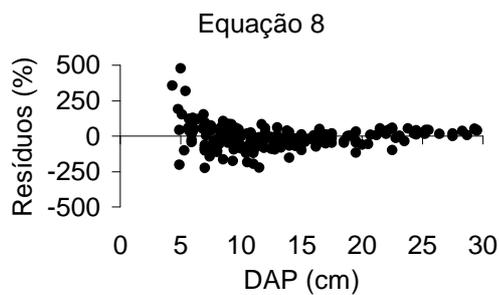
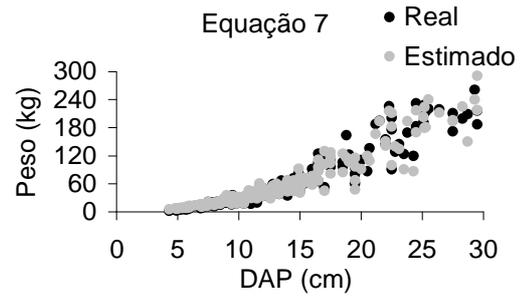
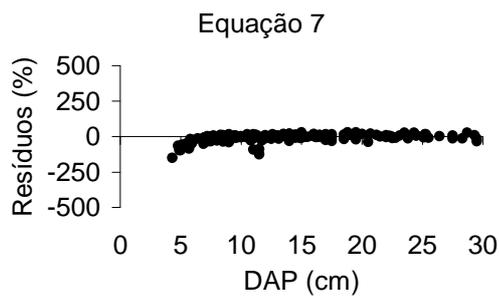
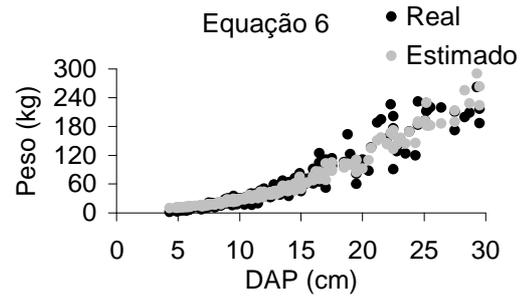
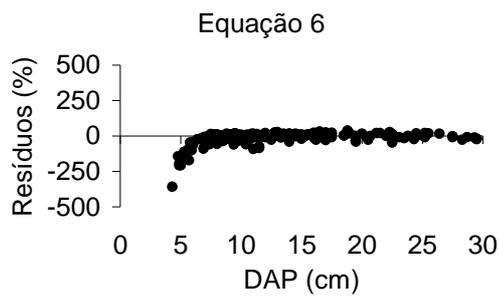
ANEXO 12 - EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM, COM SEUS RESPECTIVOS COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO (R²), ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA EM PORCENTAGEM (S_{yx}%) E FATOR DE CORREÇÃO DE MEYER PARA AS LOGARÍTMICAS.

Nº	ARITIMETICA	S _{yx} %	R ² aj	
1	pc = -1,73347 + 0,29785d	43,87	0,782	
2	pc = 0,19504 + 0,009390d ²	47,29	0,747	
3	pc = 0,862146 + 0,000328d ³	54,44	0,664	
4	pc = -0,35489 + 0,355572d - 0,152308h	42,75	0,793	
5*/**	pc = -0,93385 + 0,324062d - 0,129035hf	42,57	0,795	
6	pc = 0,52677 + 0,000485d ² h	53,59	0,675	
7	pc = 0,544518 + 0,000782d ² hf	60,18	0,590	
8	pc = -0,974044 + 1,034247dc	50,96	0,706	
9	pc = -0,520146 + 0,005506d ² + 0,507825dc	43,66	0,784	
10	pc = -1,16465 + 0,02235d ² - 0,002d ² hf + 0,022513dhf ==> "Forward"	47,33	0,746	
Nº	LOGARITMICA	S _{yx} %	R ² aj	FC Meyer
1	lnpc = -5,88996 + 2,36601lnd	54,81	0,688	1,1324
2	lnpc = -5,88996 + 1,1730lnd ²	55,12	0,684	1,1324
3	lnpc = -5,88996 + 0,7820lnd ³	55,12	0,684	1,1324
4	lnpc = -3,54060 + 2,99115lnd - 1,52355lnh	59,15	0,637	1,1199
5	lnpc = -5,69741 + 2,52696lnd - 0,022027lnhf	63,49	0,581	1,1322
6	lnpc = -7,53487 + 1,02264lnd ² h	75,21	0,413	1,1611
7	lnpc = -6,70564 + 0,97452lnd ² hf	72,27	0,458	1,1847
8	lnpc = -1,60267 + 1,89333lndc	64,94	0,562	1,1723
9	lnpc = -4,48693 + 0,805593lnd ² + 0,747491lndc	65,11	0,56	1,1133
10	lnpc = -4,49290 + 0,53911lnd ³ + 0,36961lndc ² ==> "Forward"	64,98	0,56	1,1133

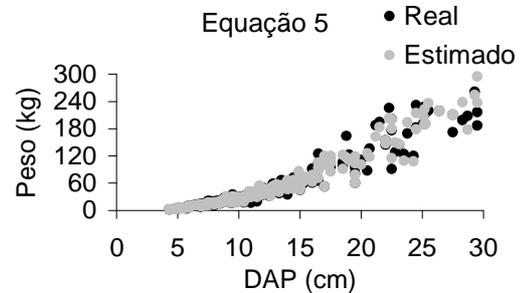
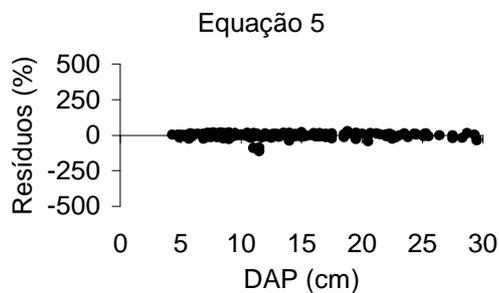
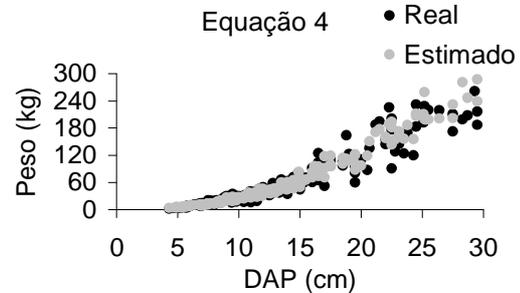
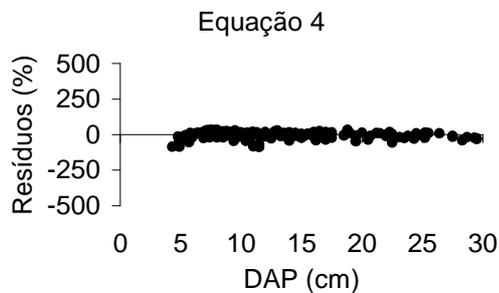
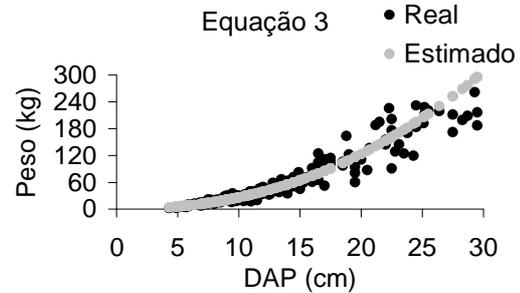
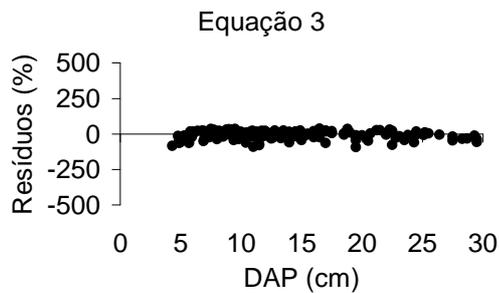
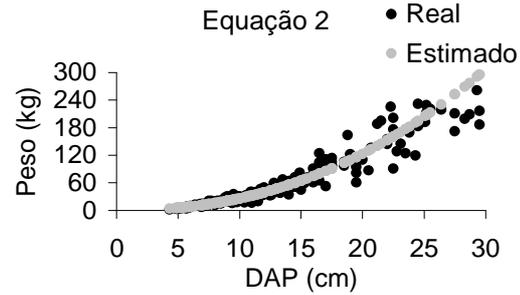
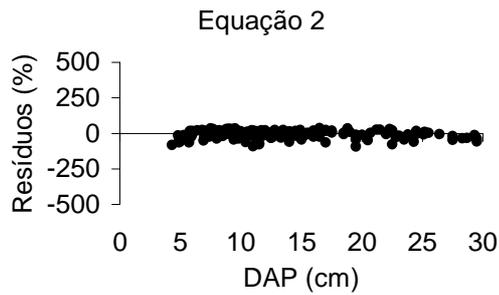
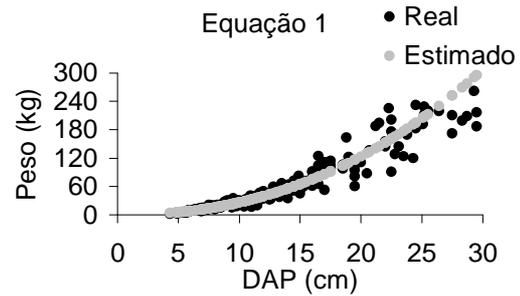
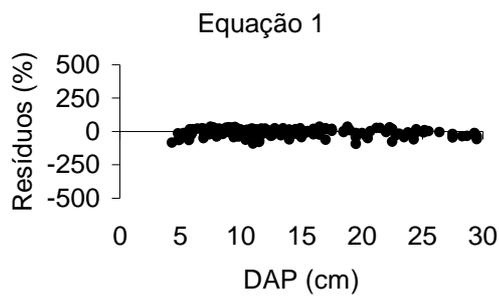
Onde: pc = peso carbono (kg); d = diâmetro à altura do peito (cm); h = altura total (m); hf = altura do fuste (m); hc = altura de copa(m); dc = diâmetro de copa(m);ln = logaritmo neperiano; * Melhor equação ajustada; ** Equação recomendada para uso.



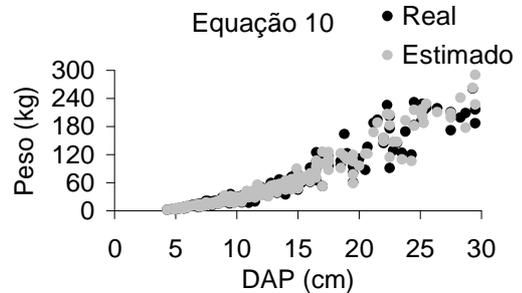
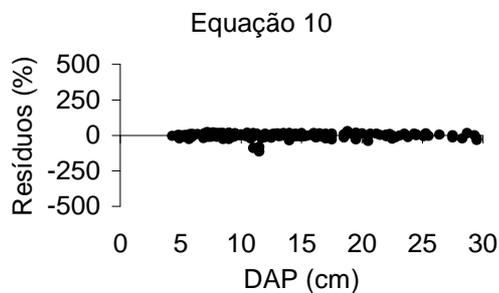
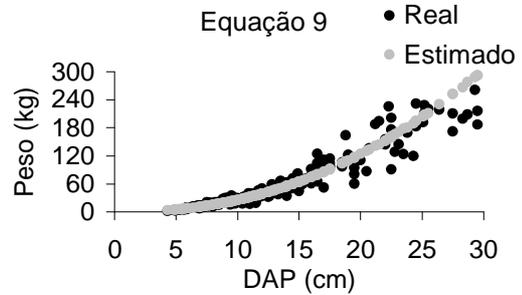
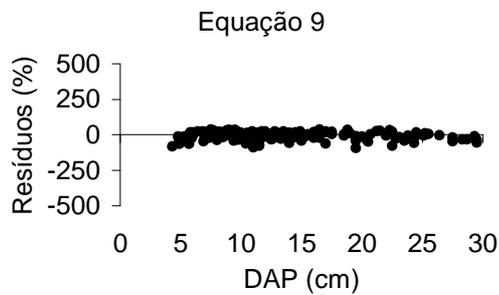
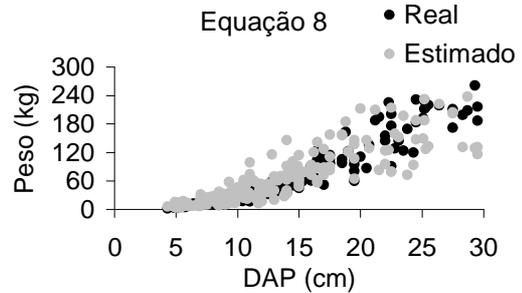
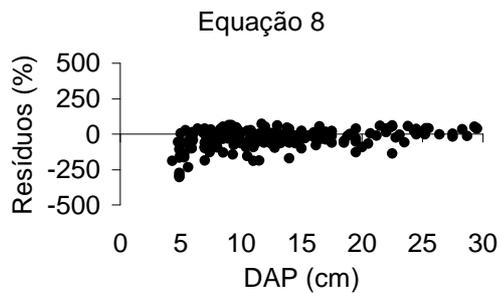
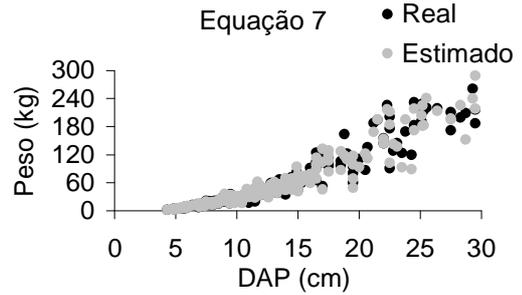
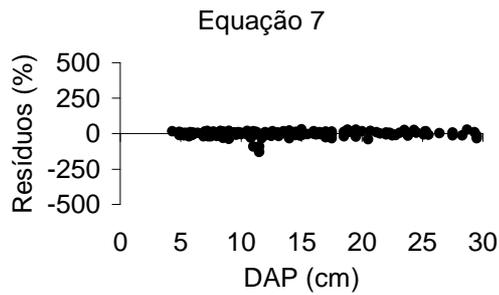
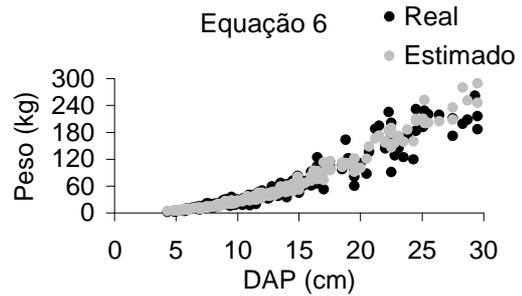
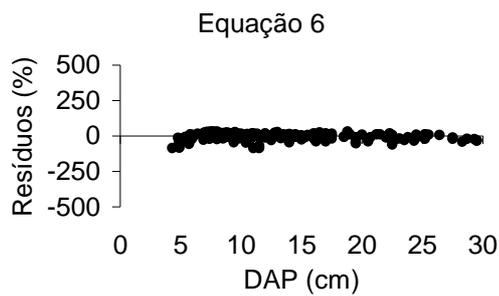
ANEXO 13 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DO FUSTE.



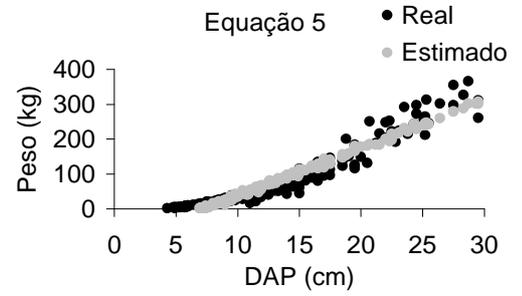
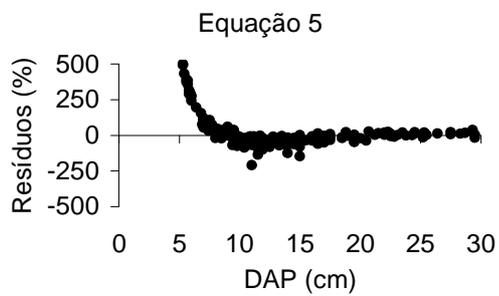
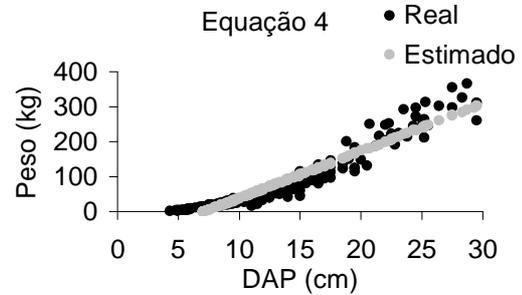
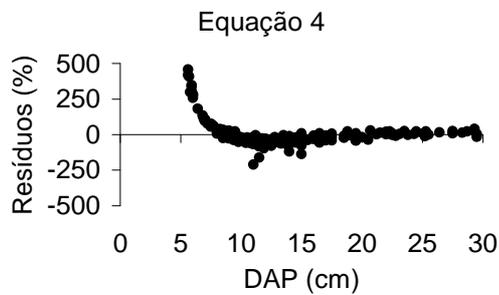
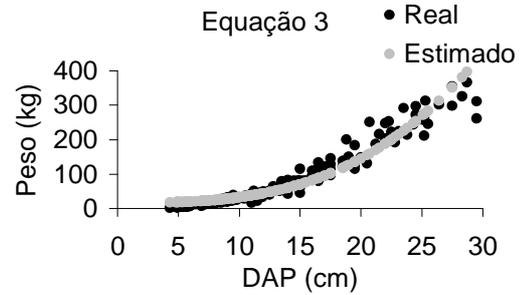
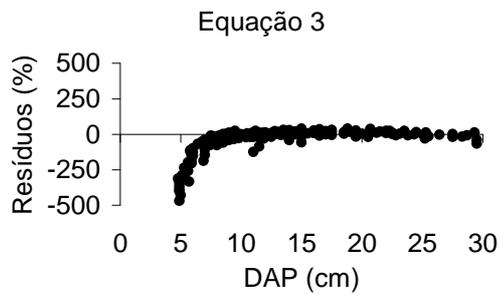
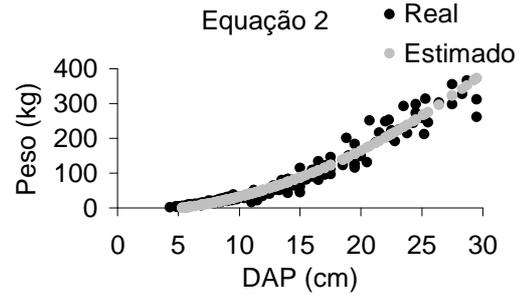
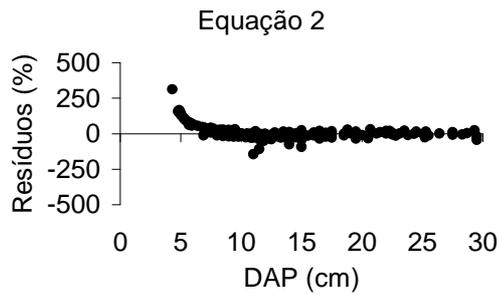
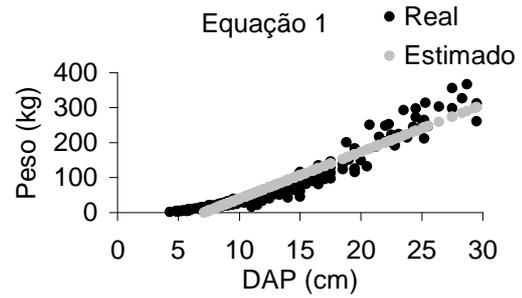
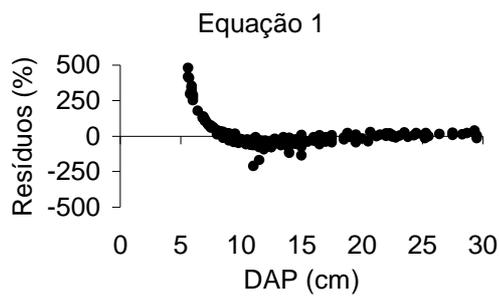
ANEXO 14 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DO FUSTE.



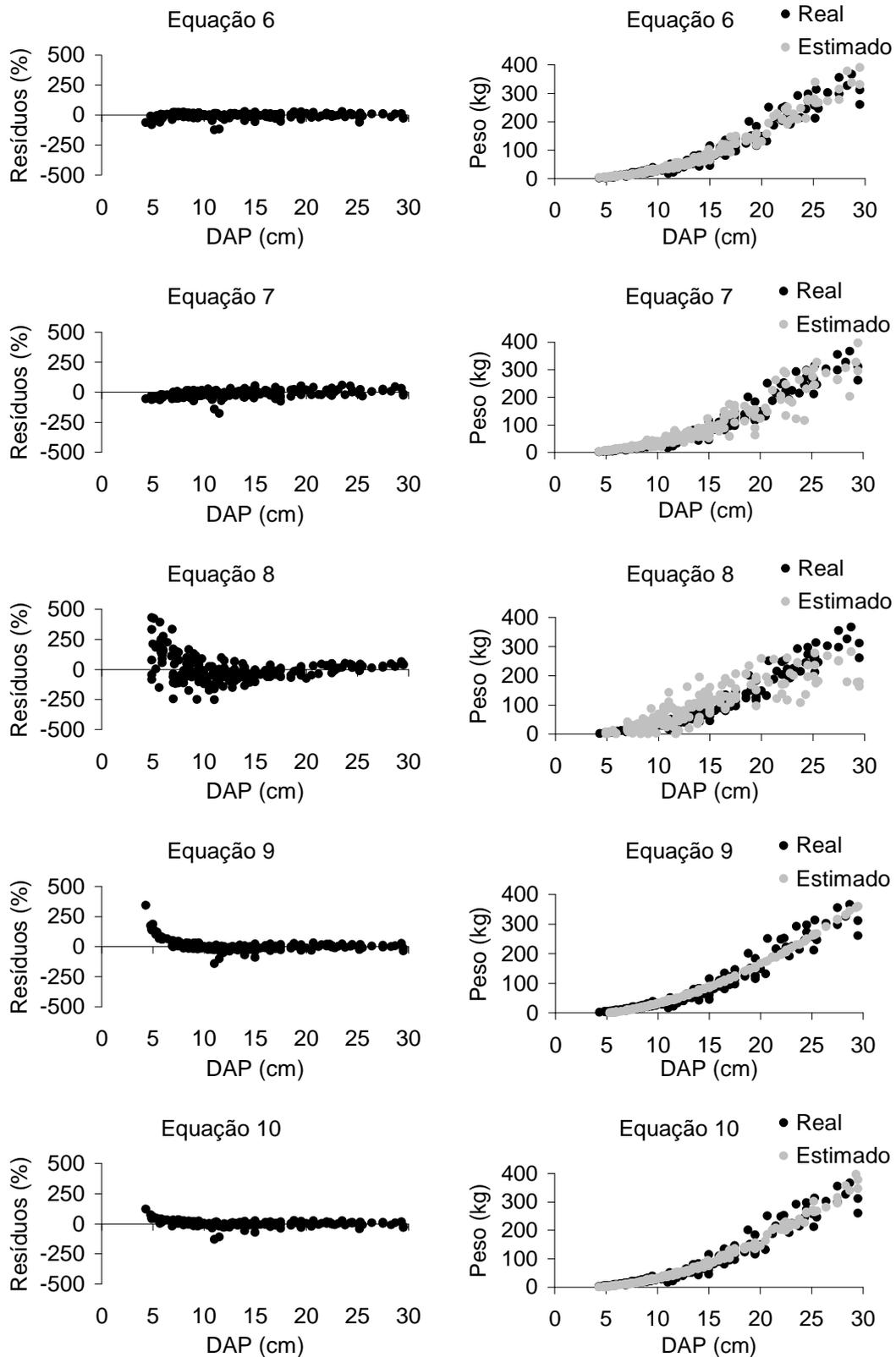
ANEXO 15 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DO FUSTE.



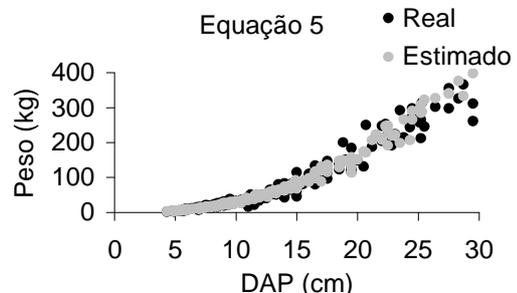
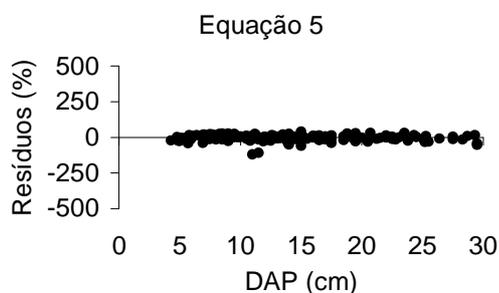
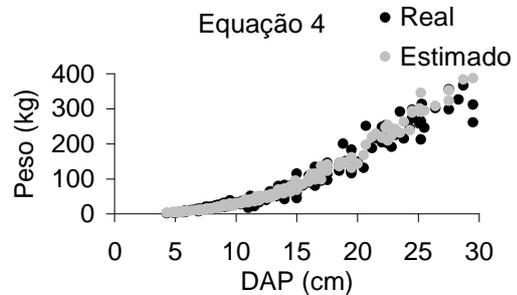
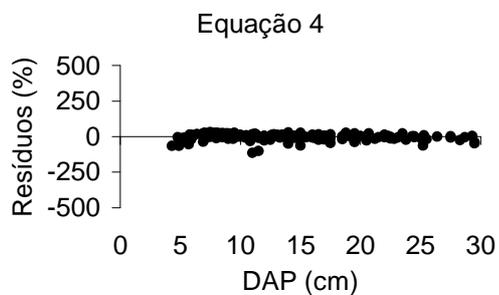
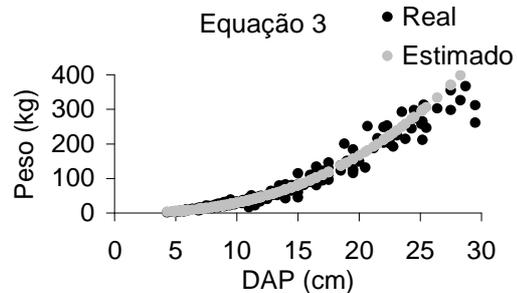
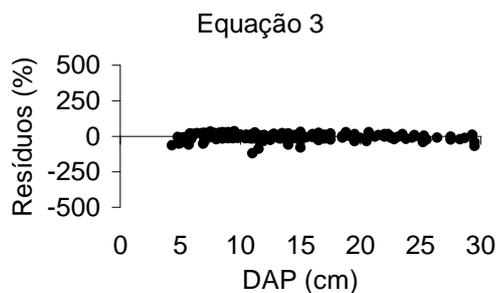
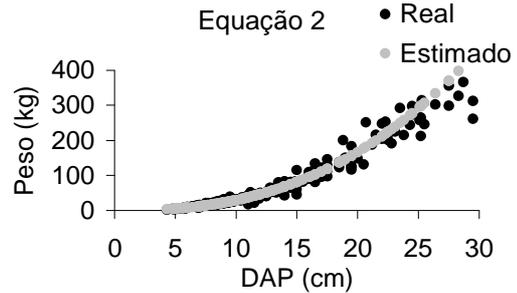
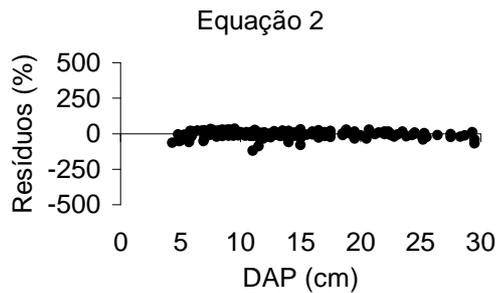
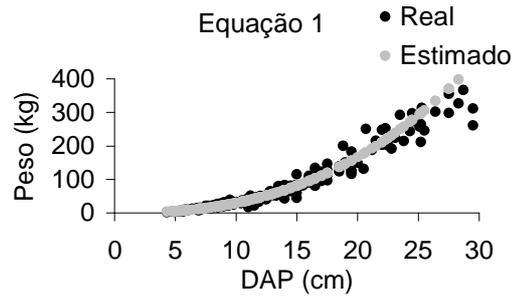
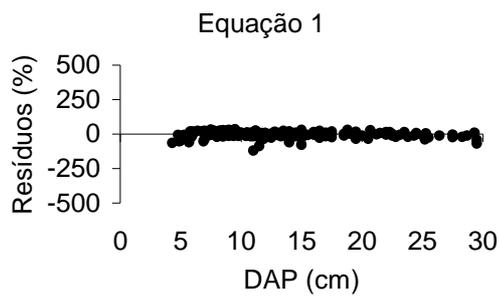
ANEXO 16 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DO FUSTE.



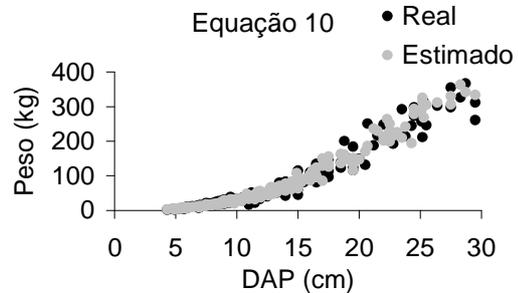
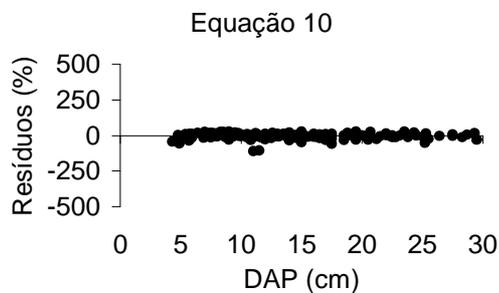
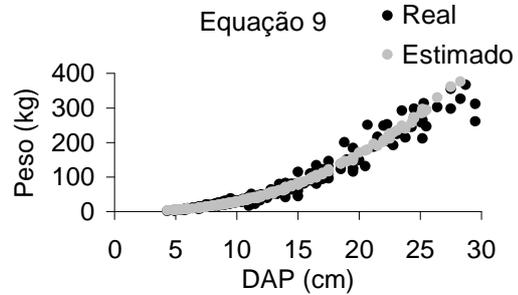
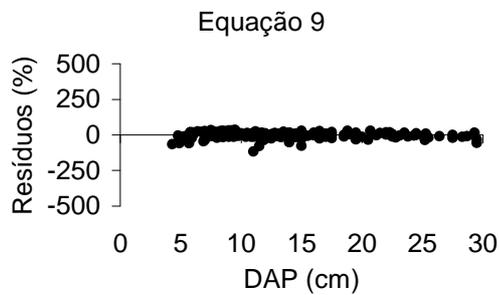
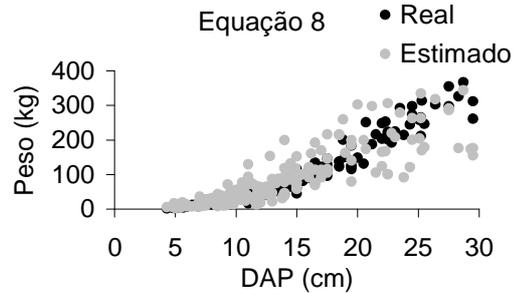
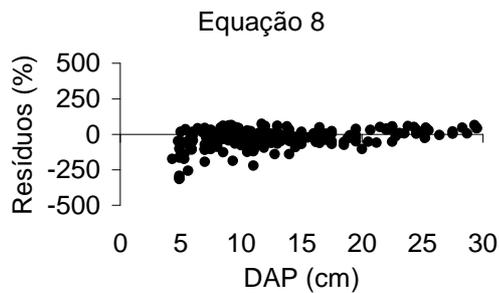
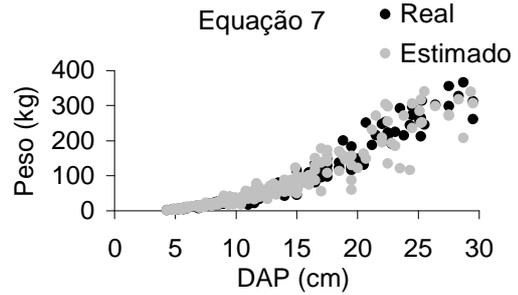
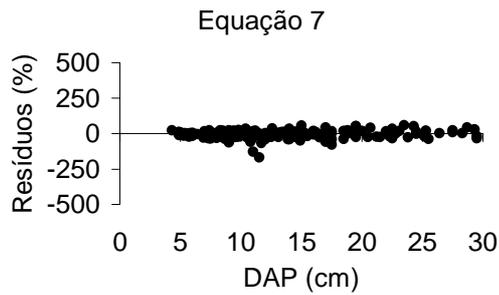
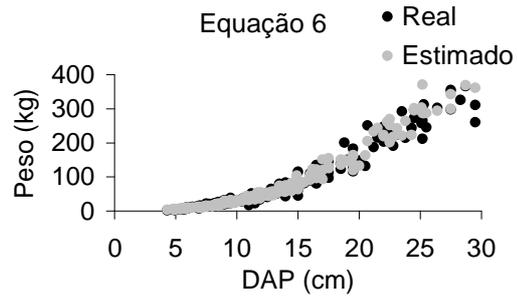
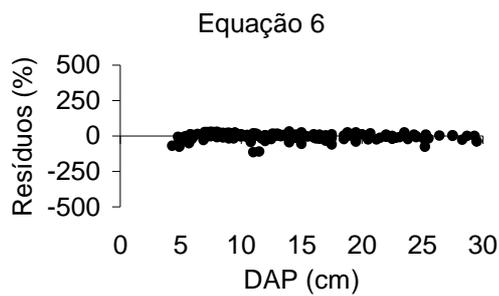
ANEXO 17 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA LENHA.



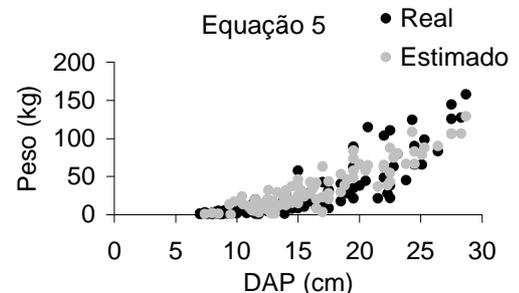
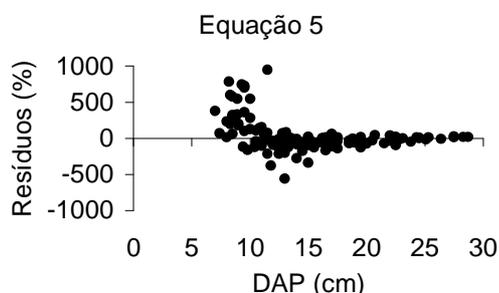
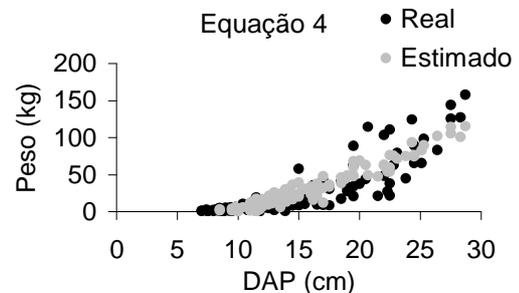
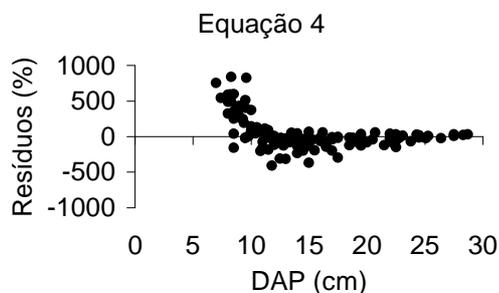
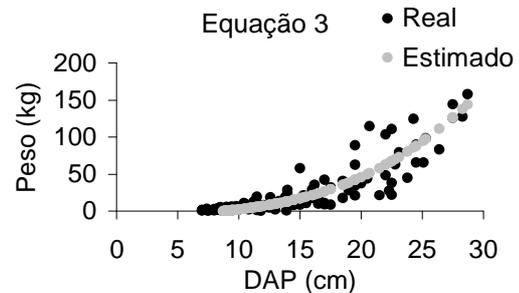
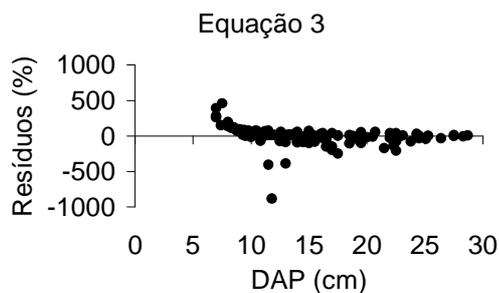
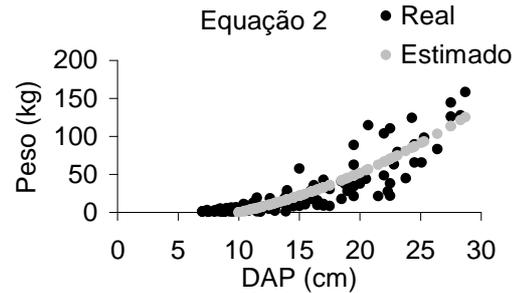
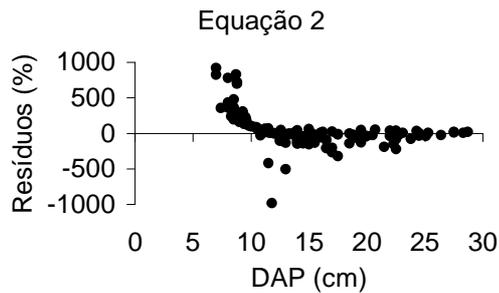
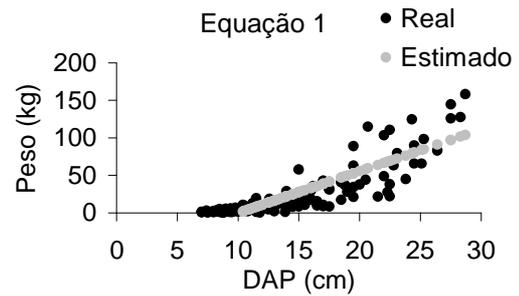
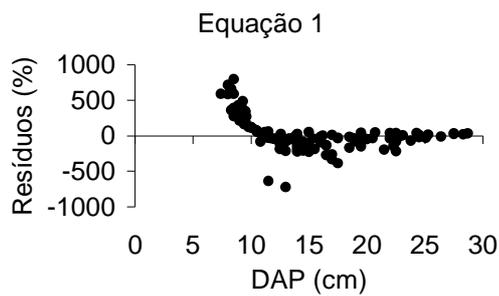
ANEXO 18 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA LENHA.



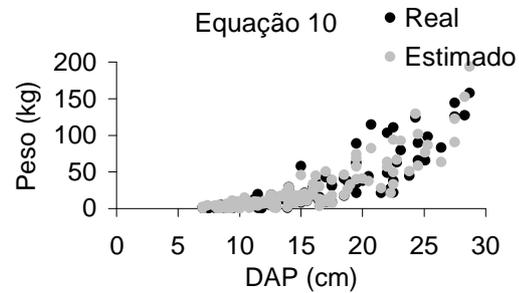
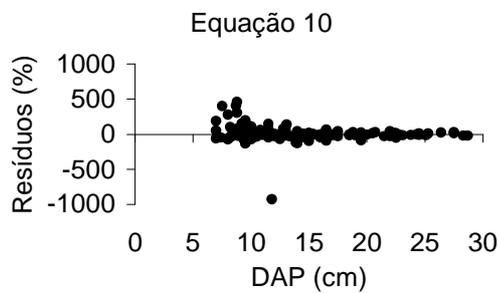
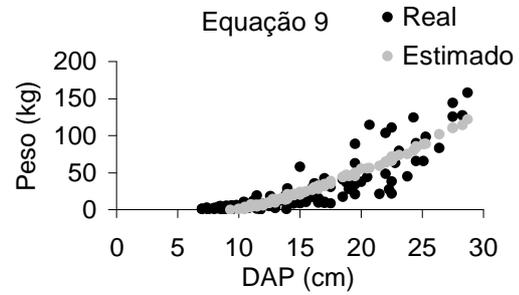
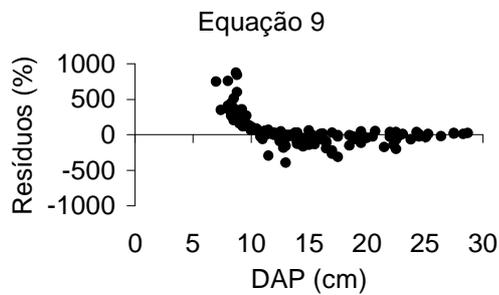
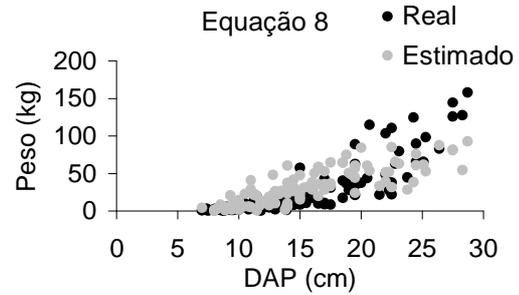
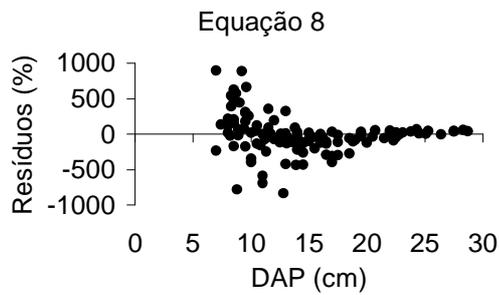
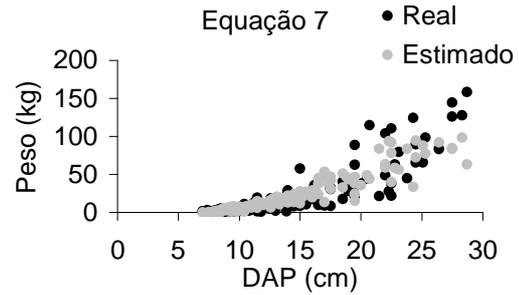
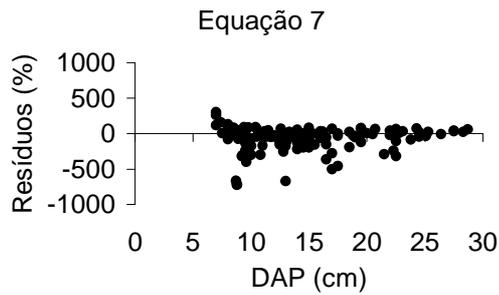
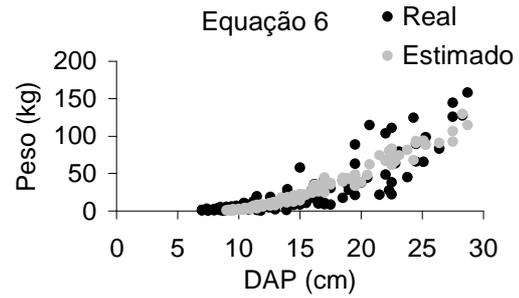
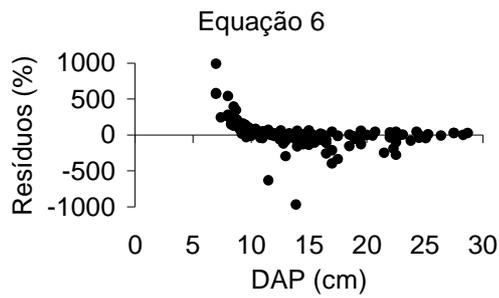
ANEXO 19 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA LENHA.



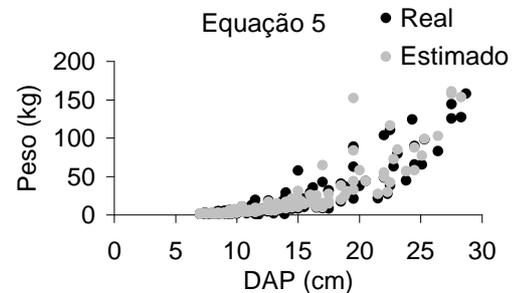
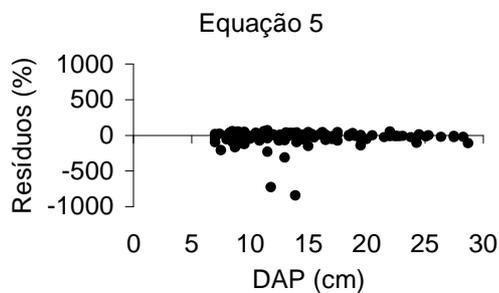
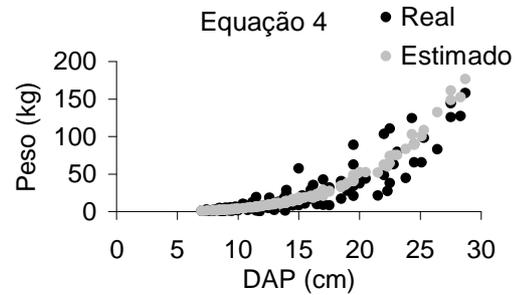
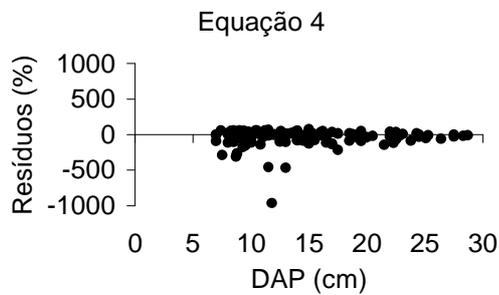
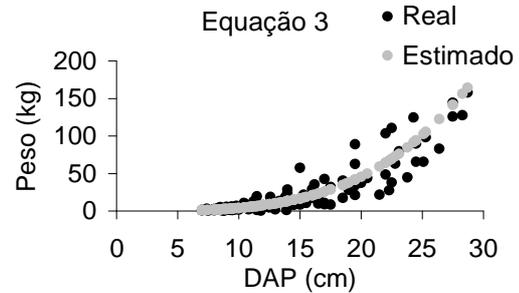
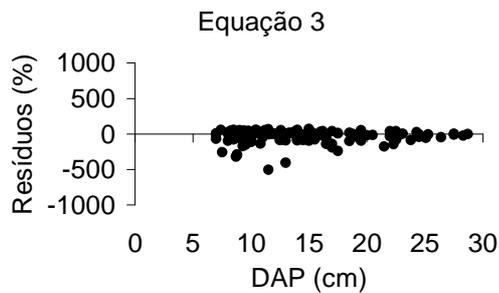
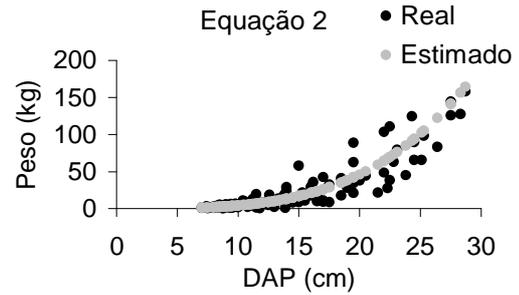
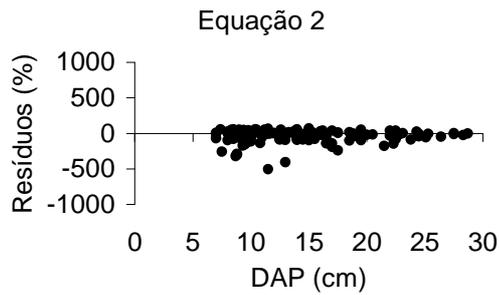
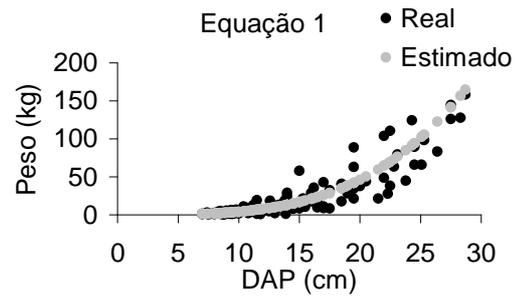
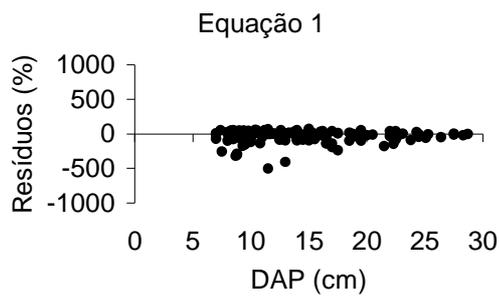
ANEXO 20 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA LENHA.



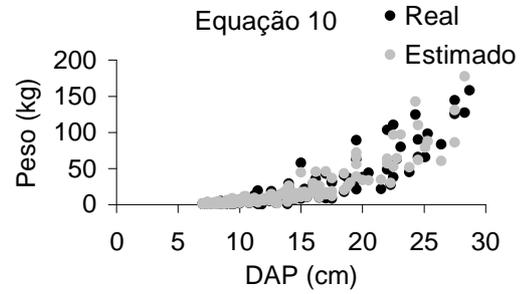
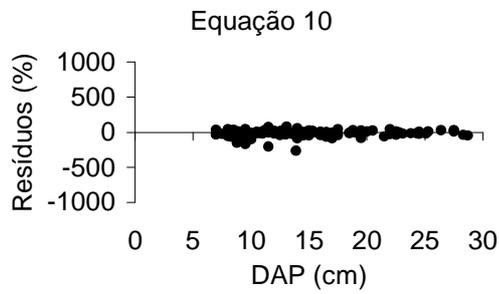
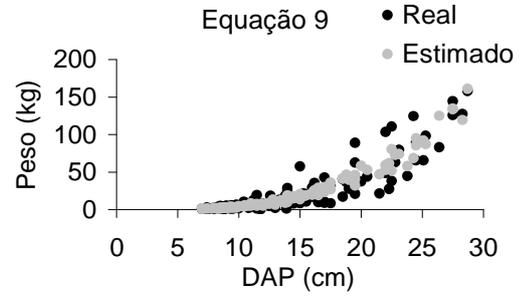
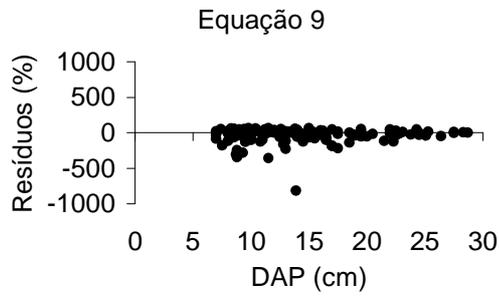
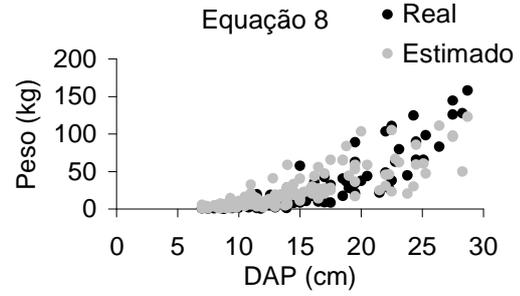
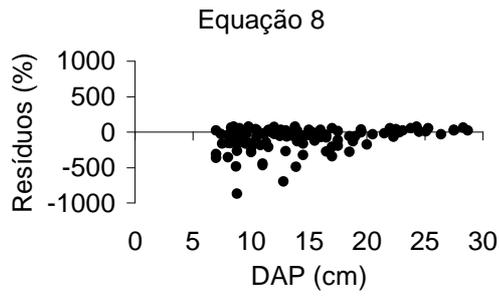
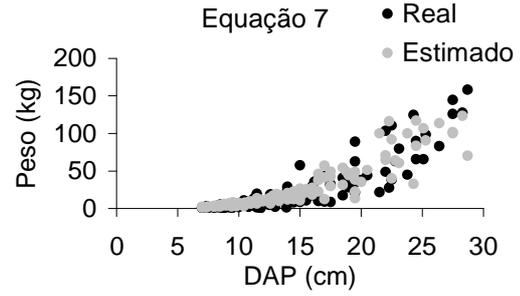
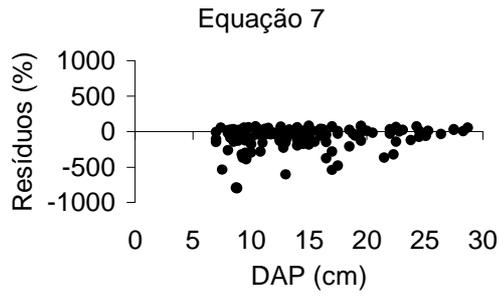
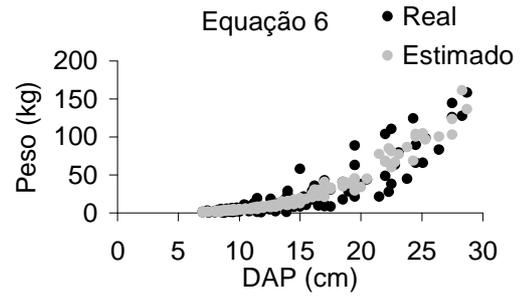
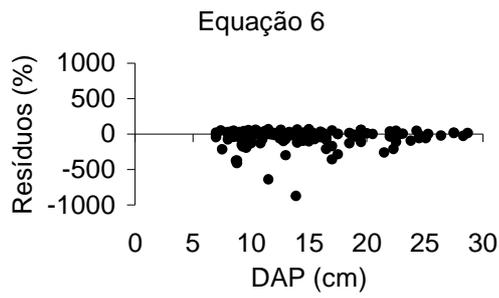
ANEXO 21 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



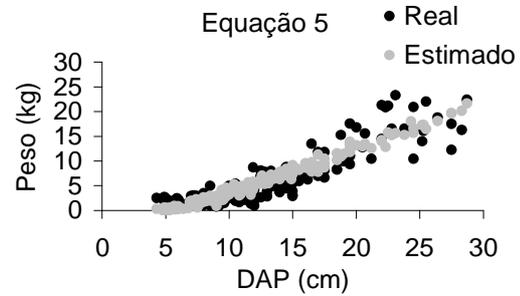
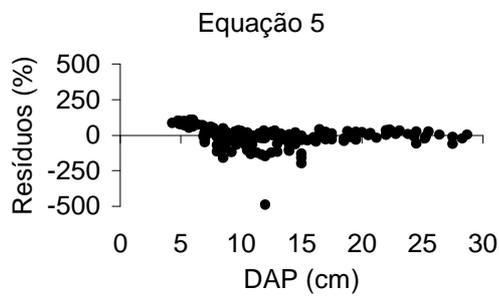
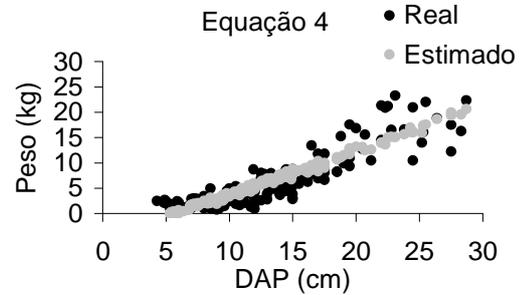
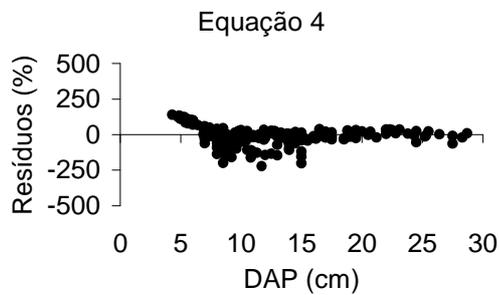
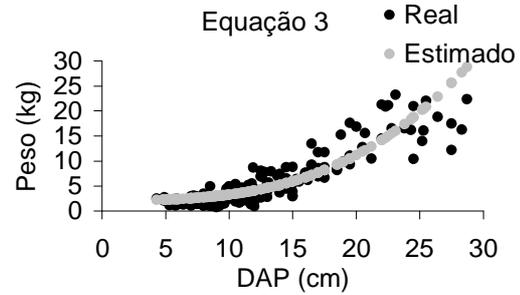
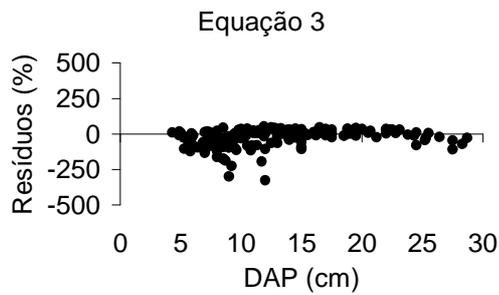
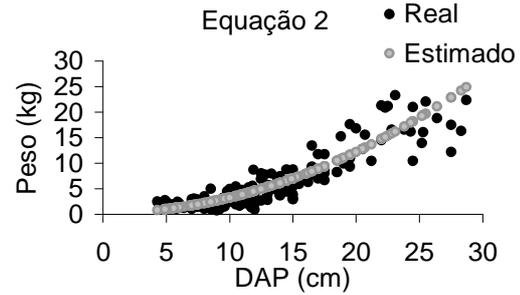
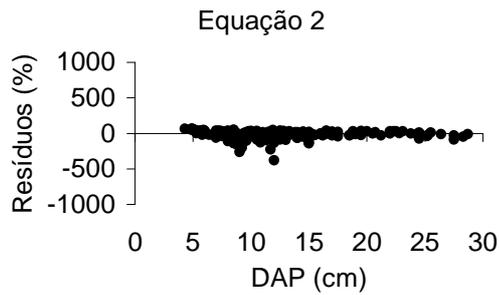
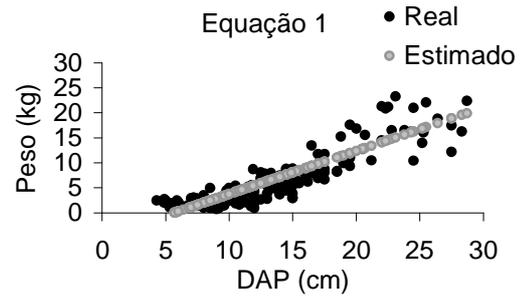
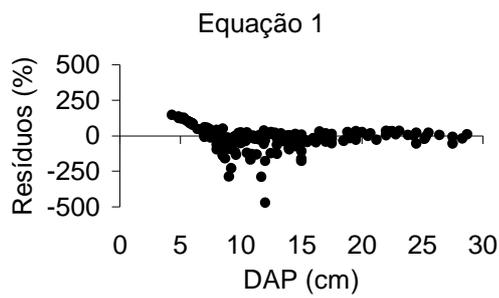
ANEXO 22 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES DO QUE 4 cm.



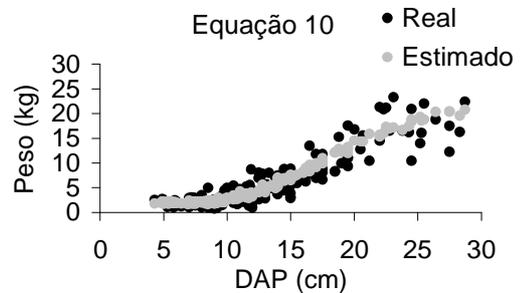
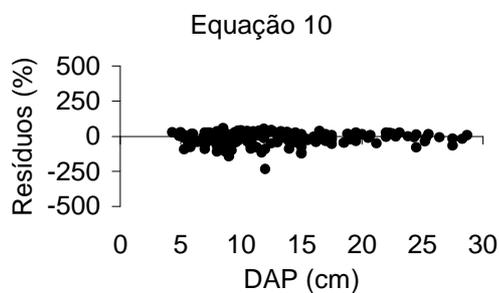
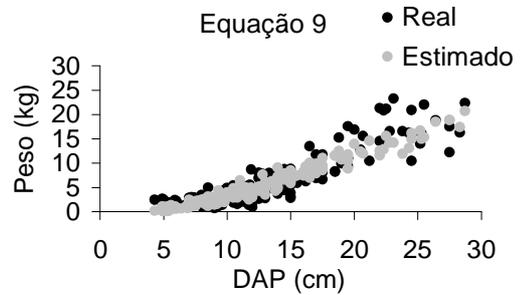
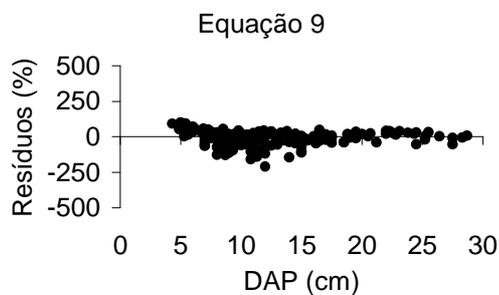
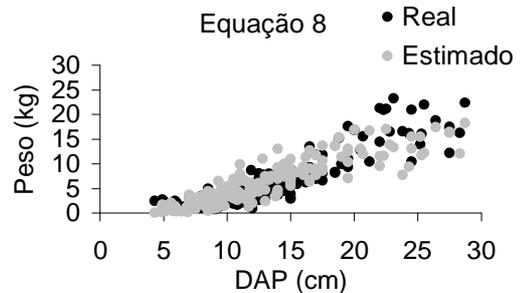
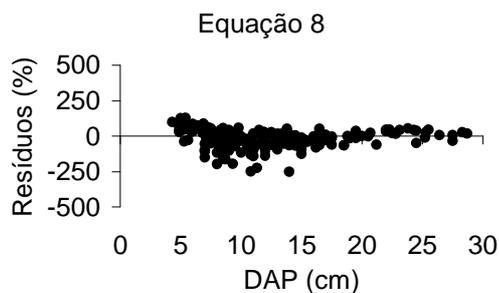
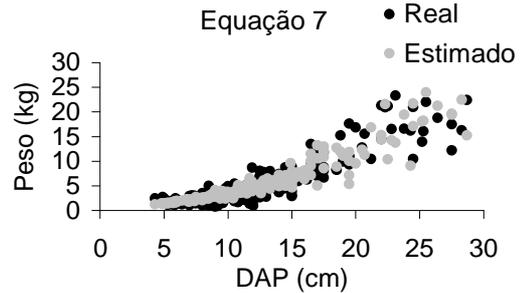
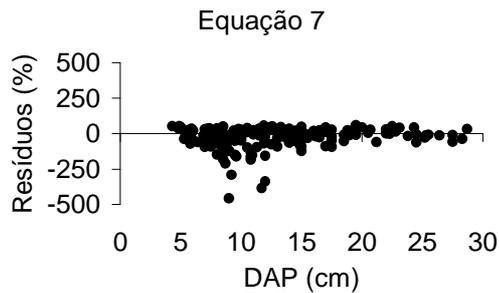
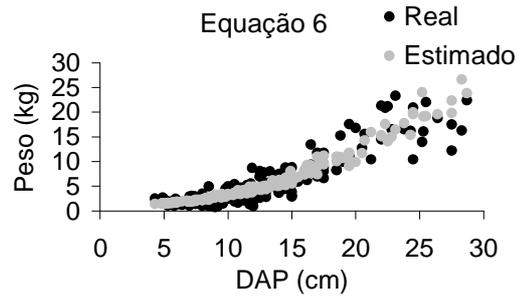
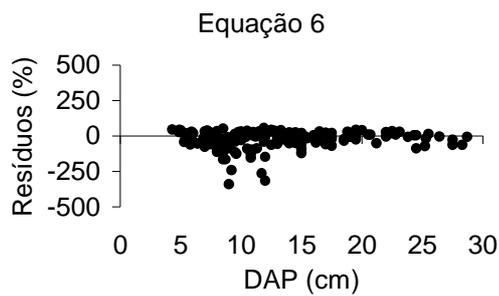
ANEXO 23 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



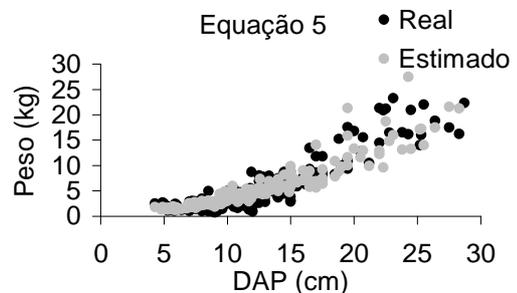
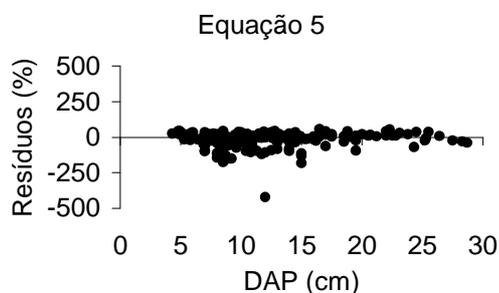
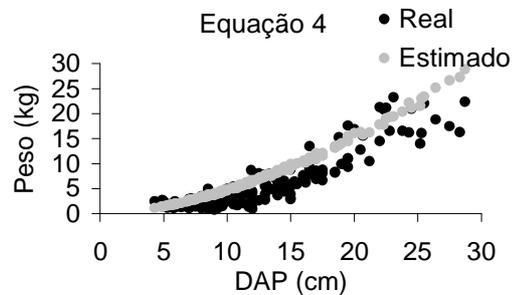
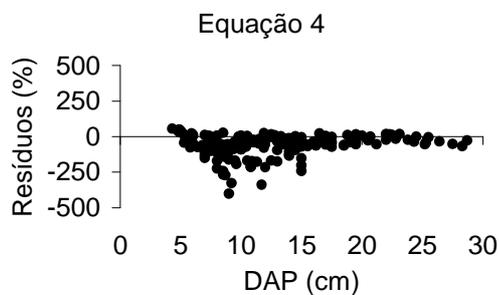
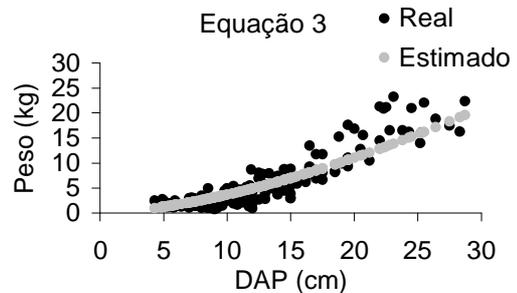
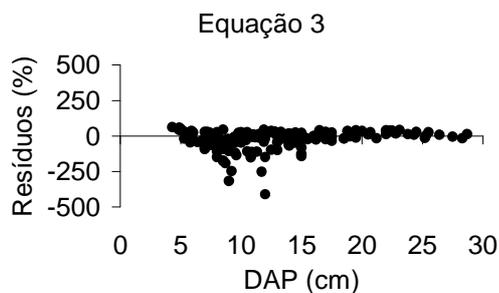
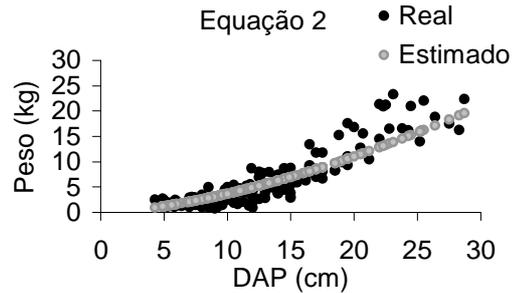
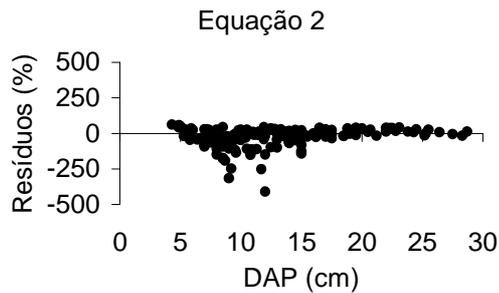
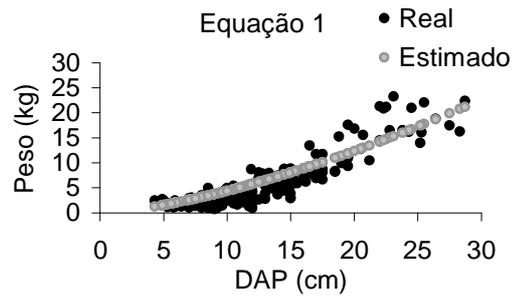
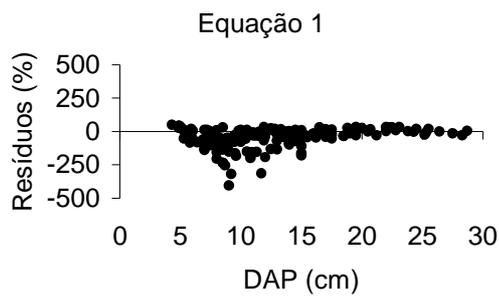
ANEXO 24 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



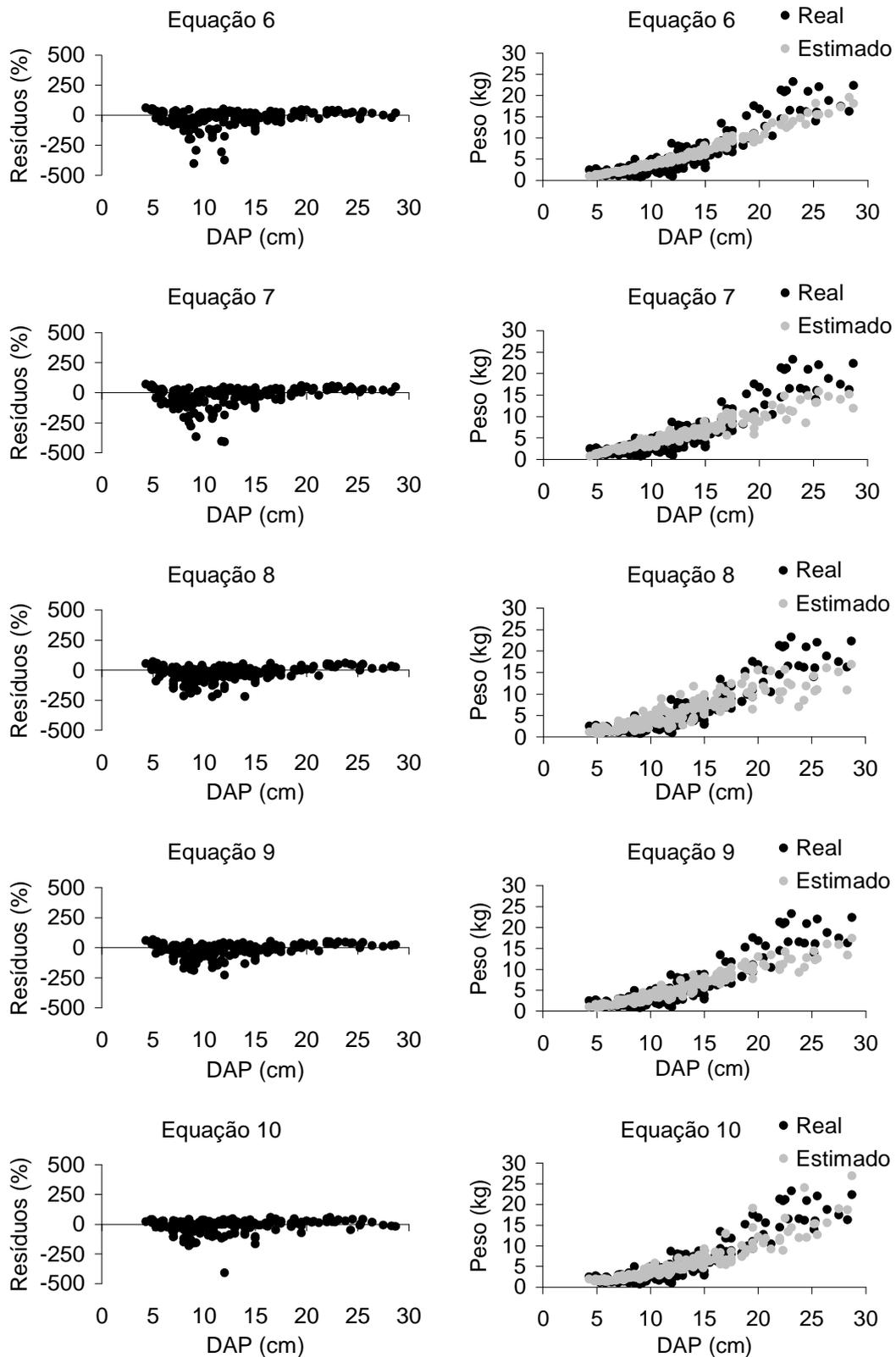
ANEXO 25 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



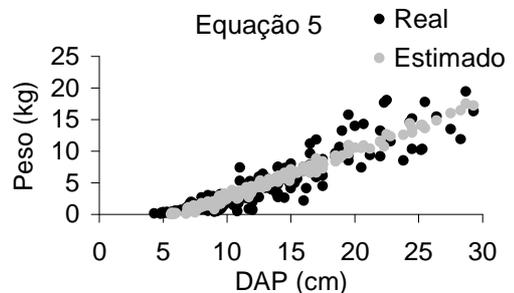
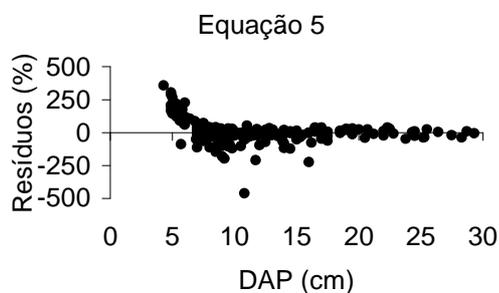
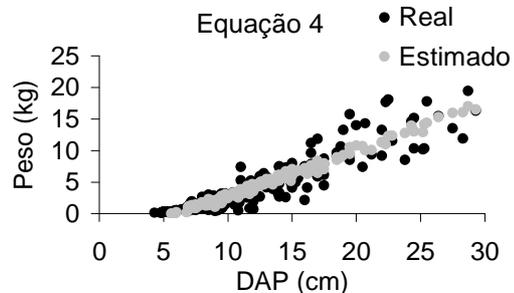
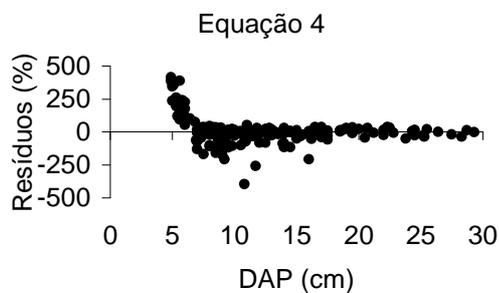
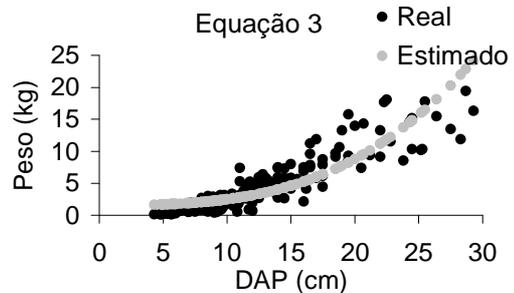
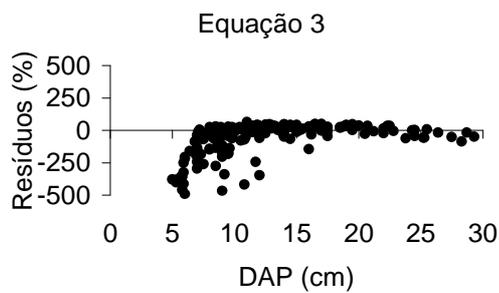
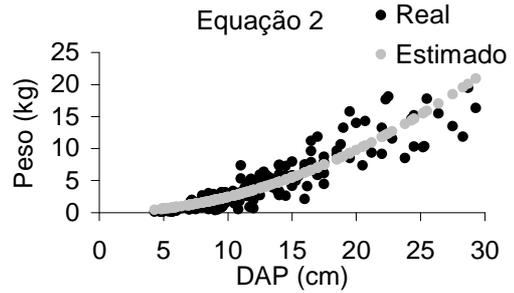
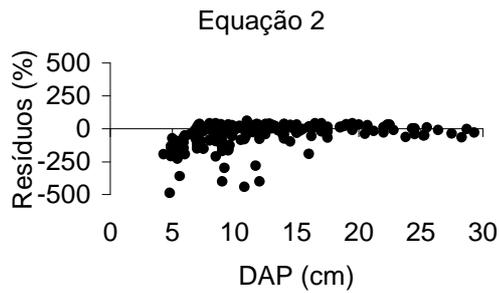
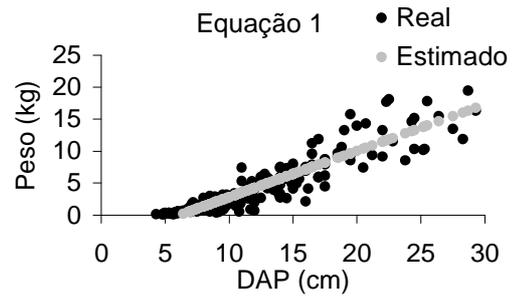
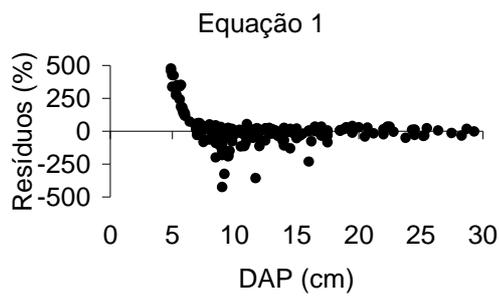
ANEXO 26 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



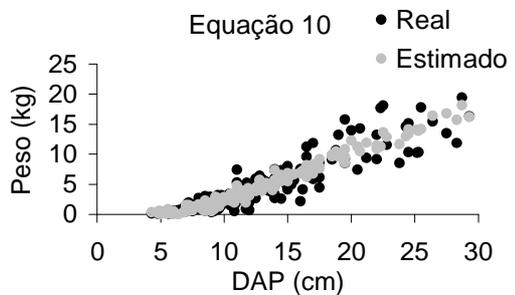
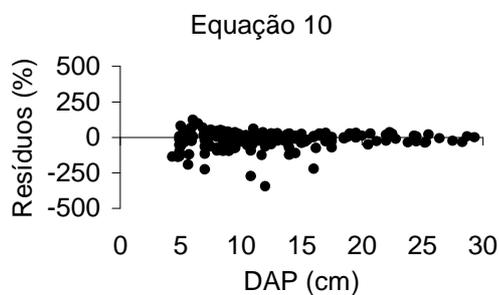
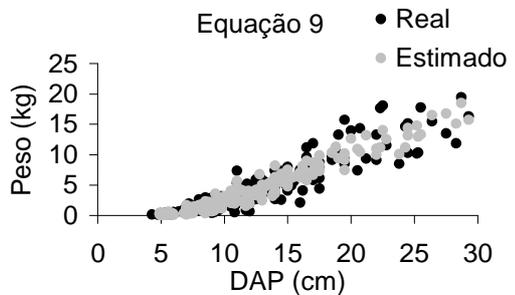
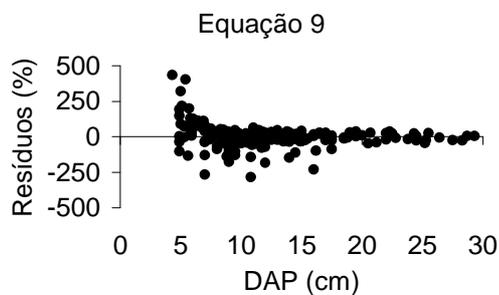
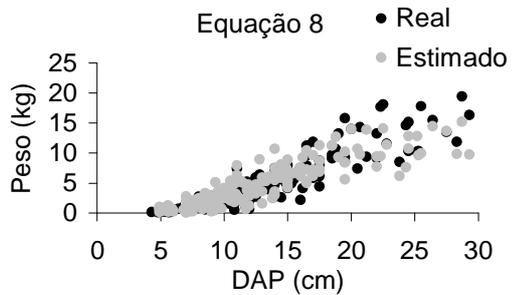
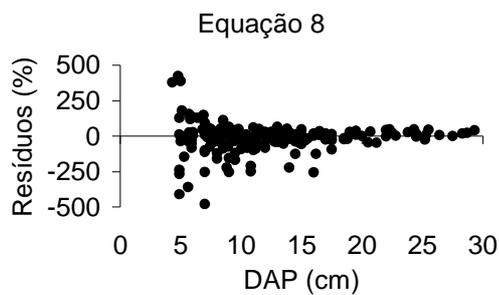
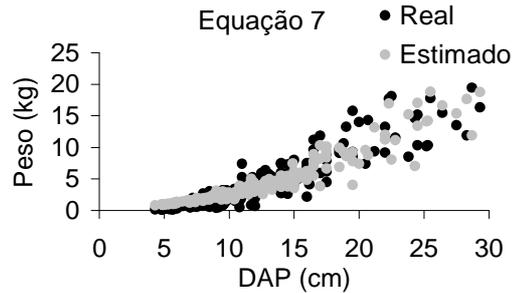
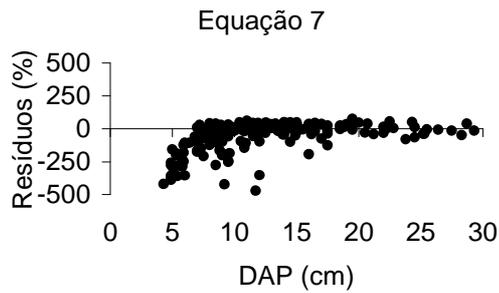
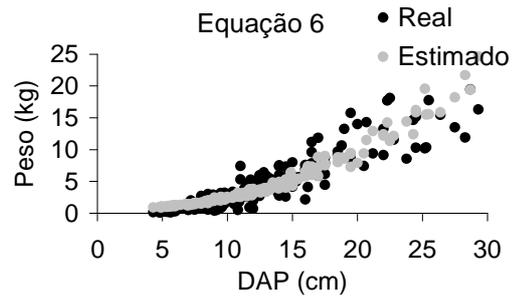
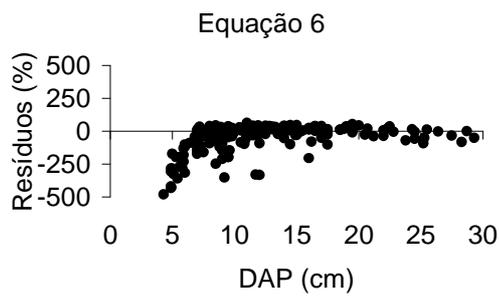
ANEXO 27 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



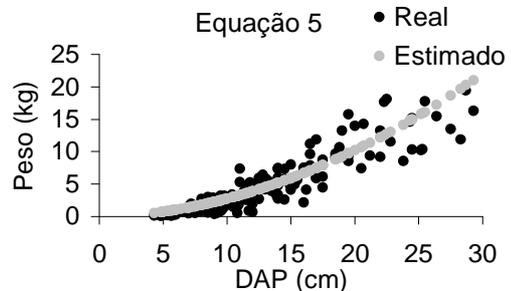
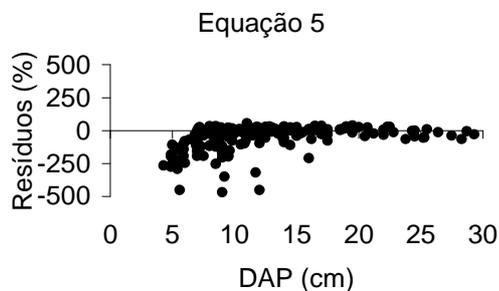
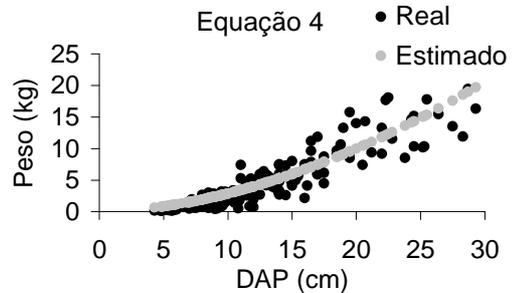
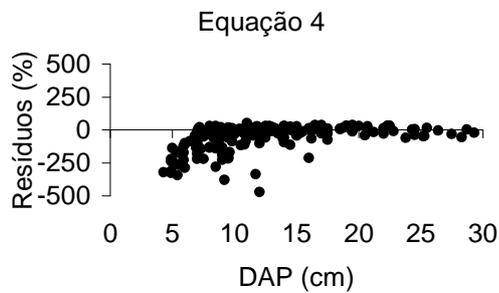
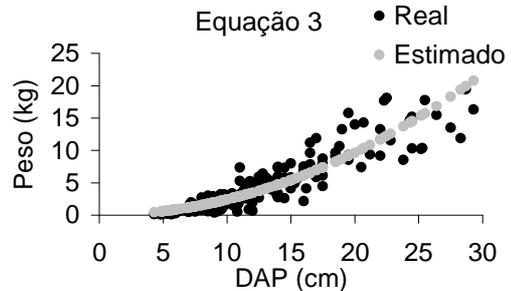
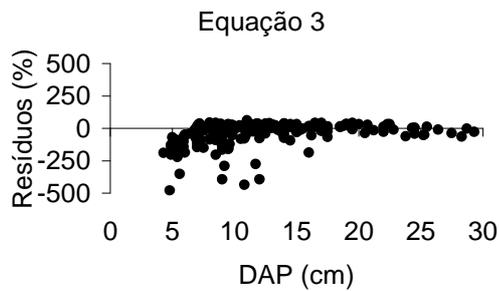
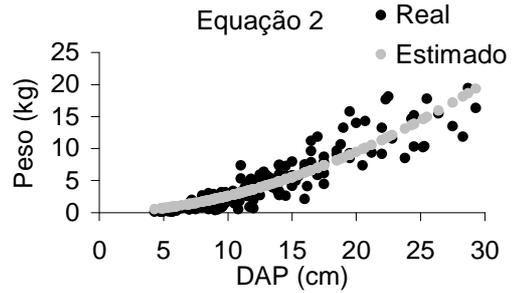
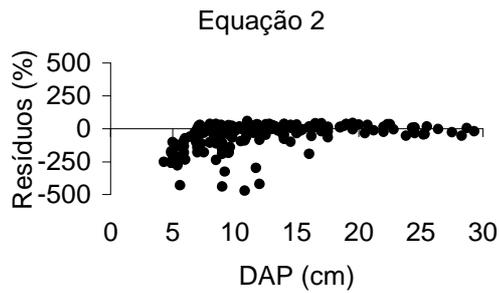
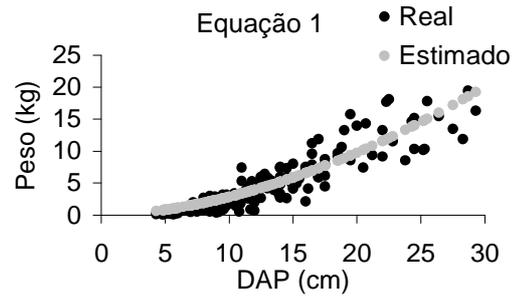
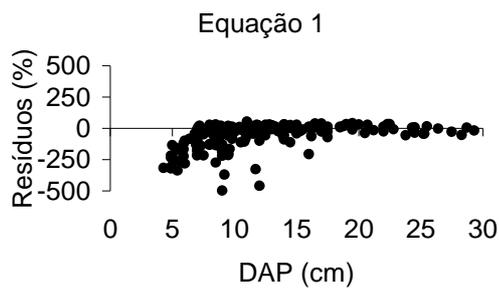
ANEXO 28 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



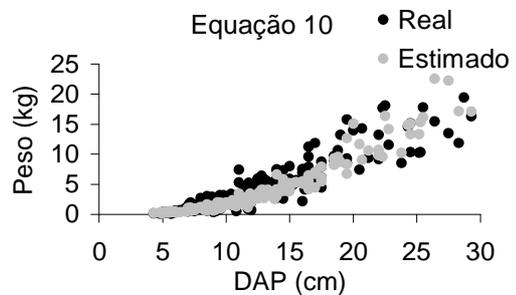
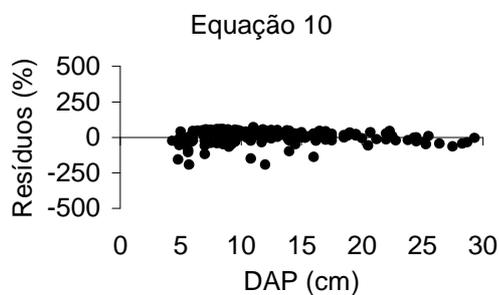
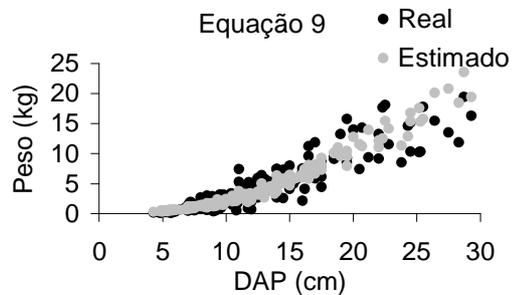
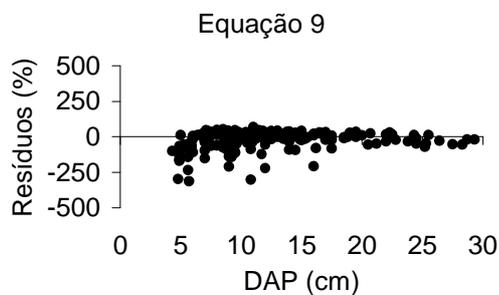
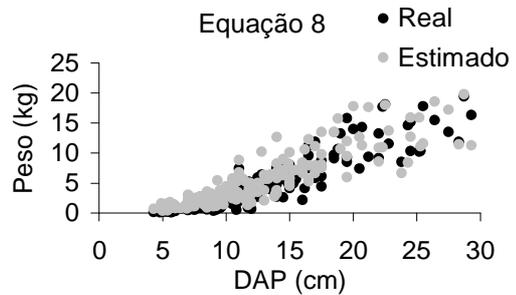
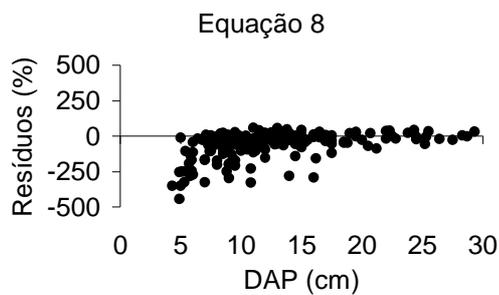
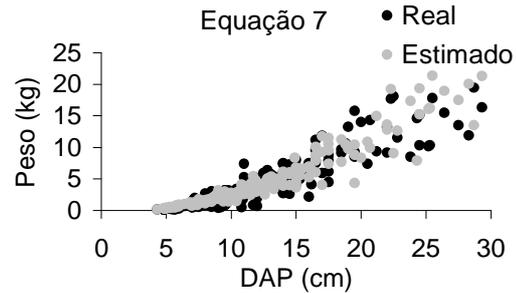
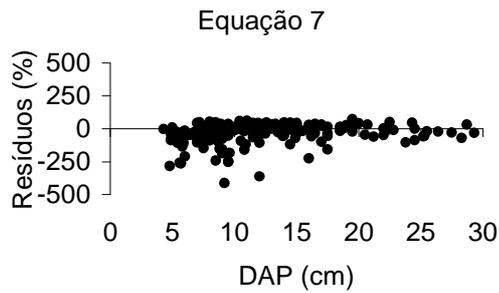
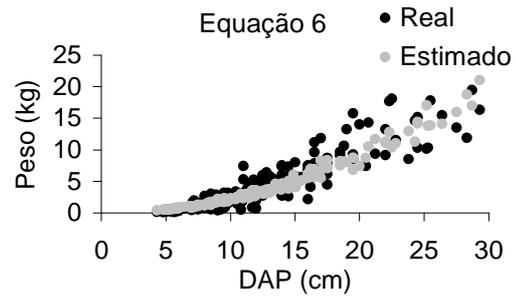
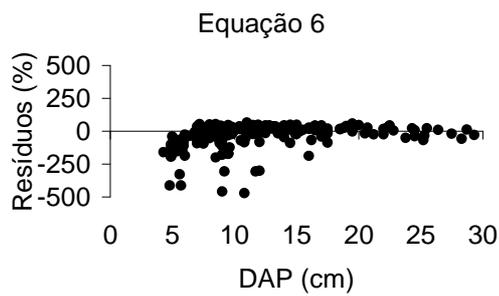
ANEXO 29 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.



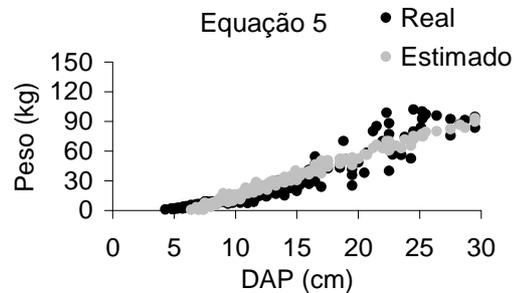
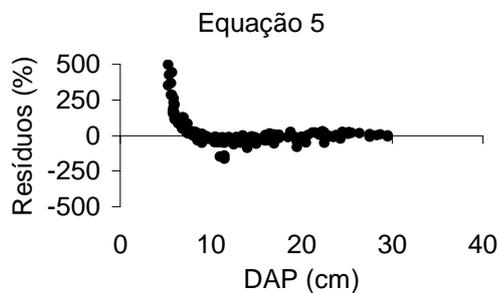
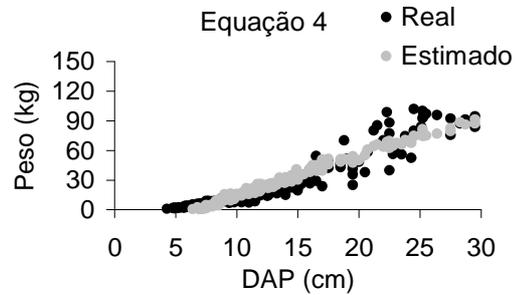
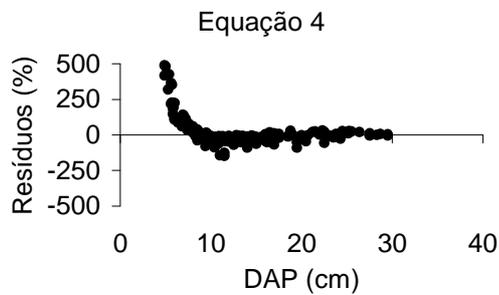
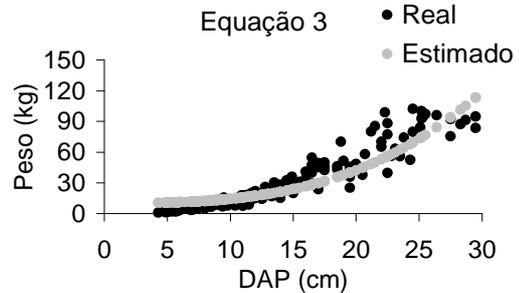
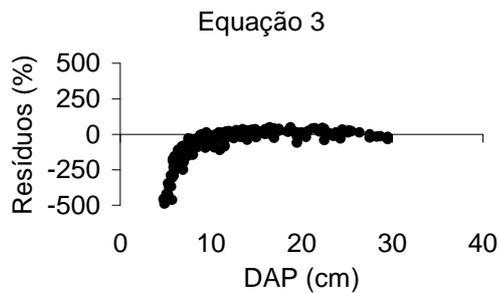
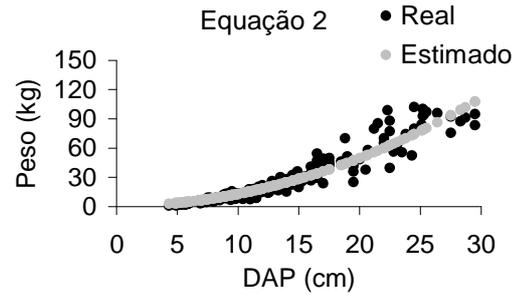
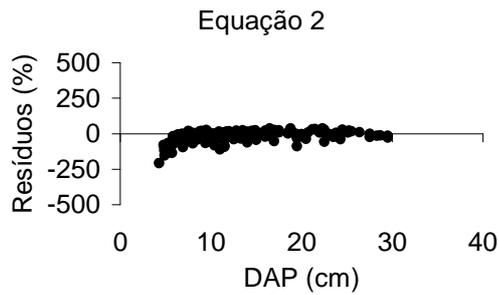
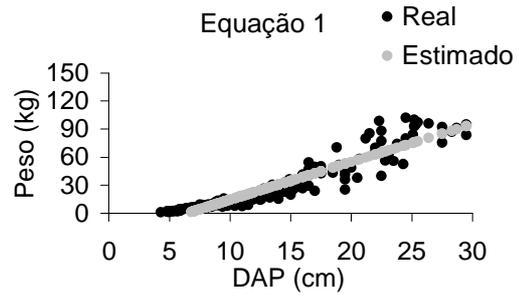
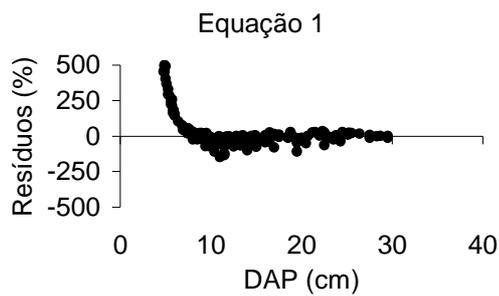
ANEXO 30 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.



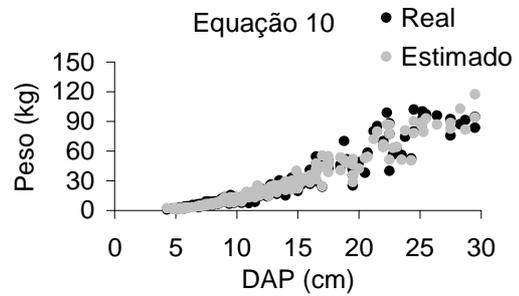
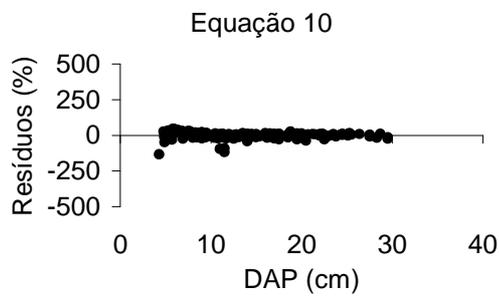
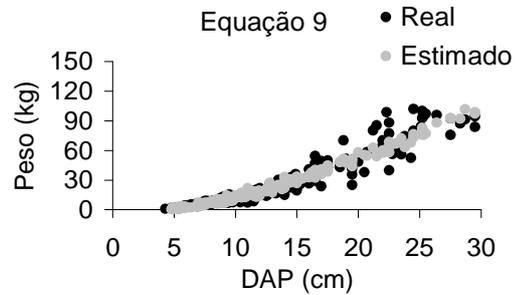
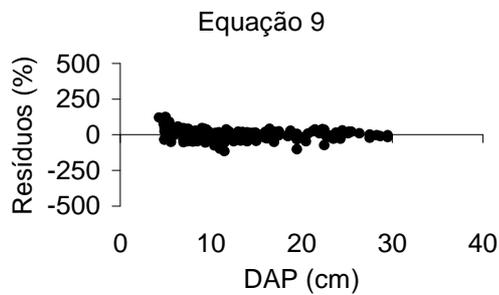
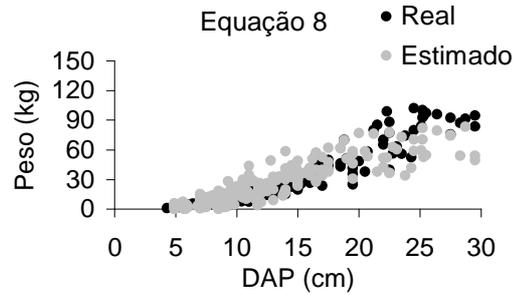
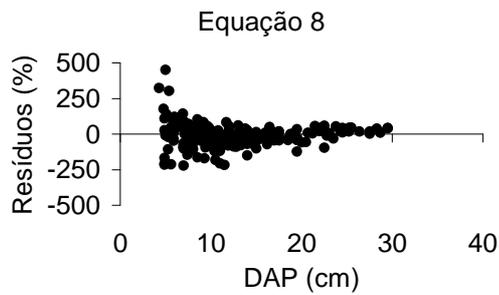
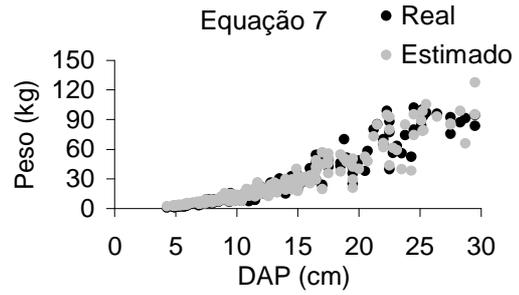
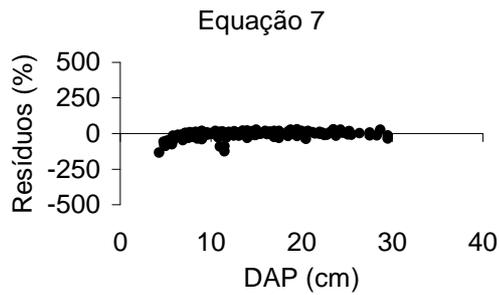
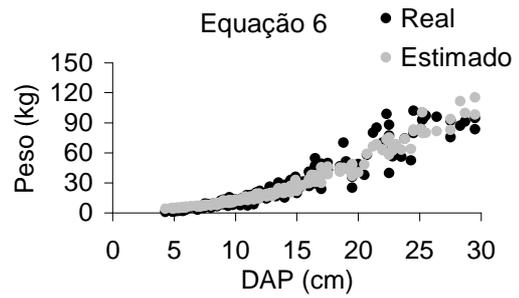
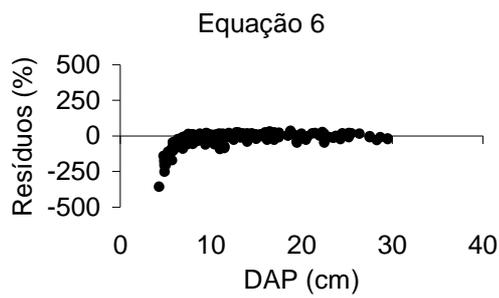
ANEXO 31 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.



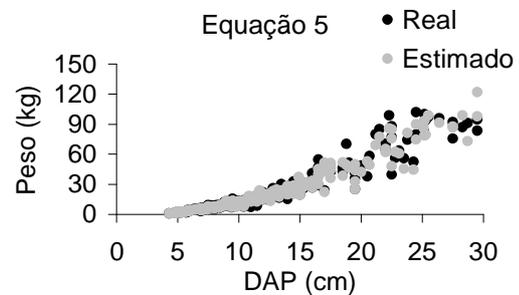
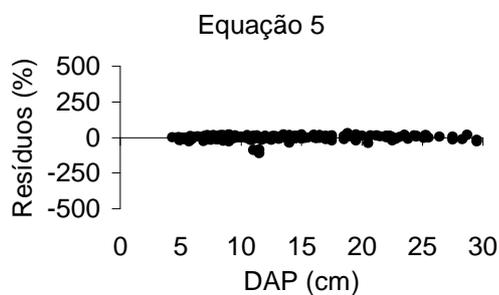
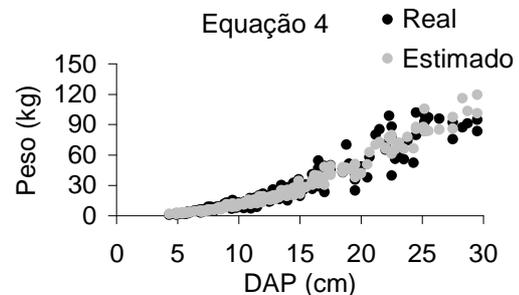
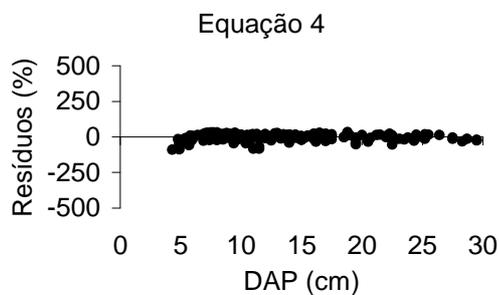
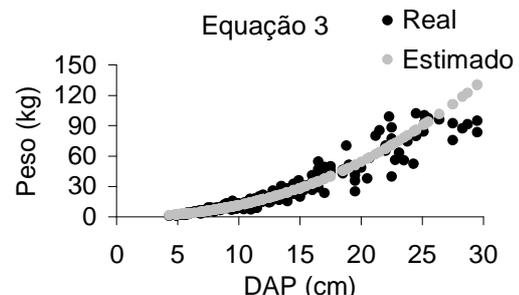
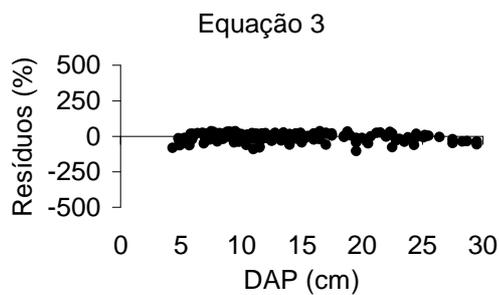
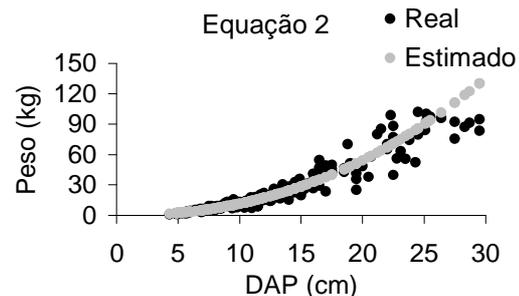
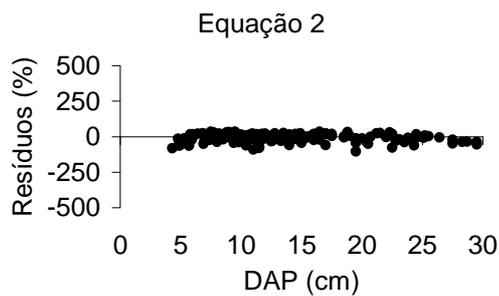
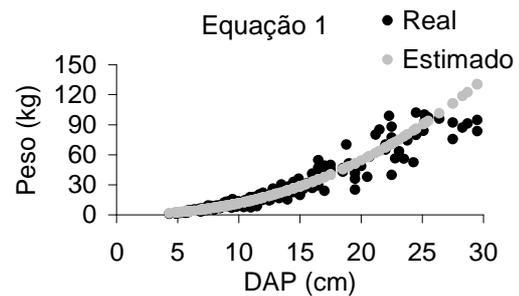
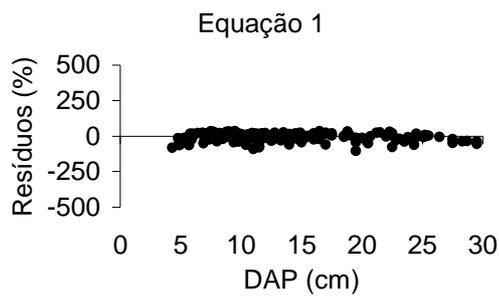
ANEXO 32 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO SECO DA FOLHAGEM.



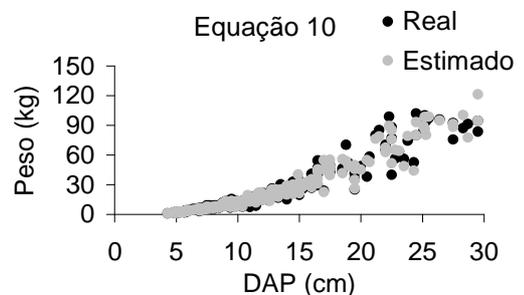
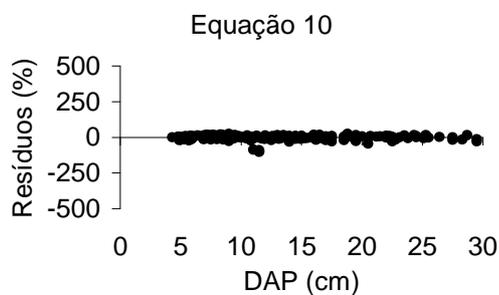
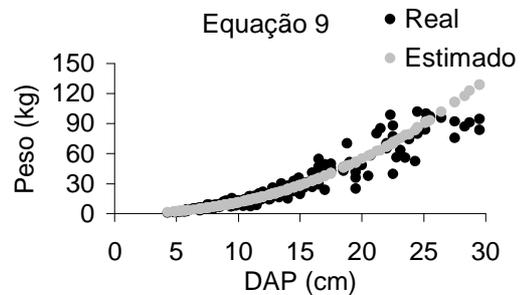
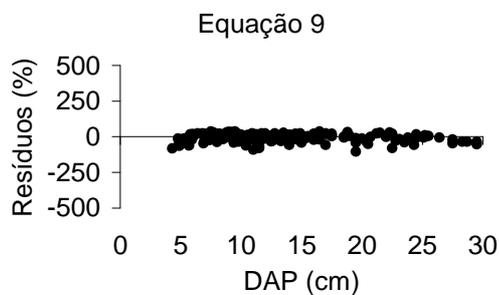
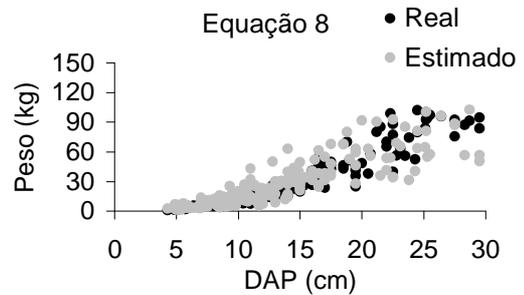
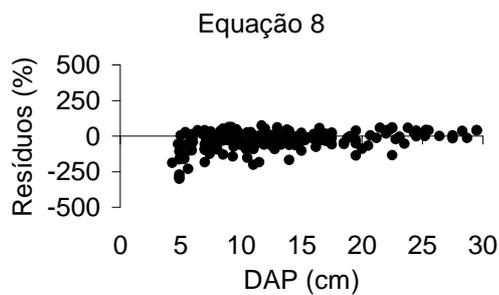
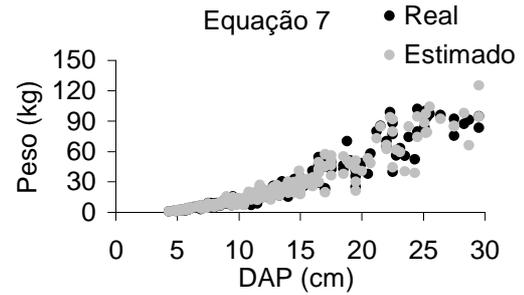
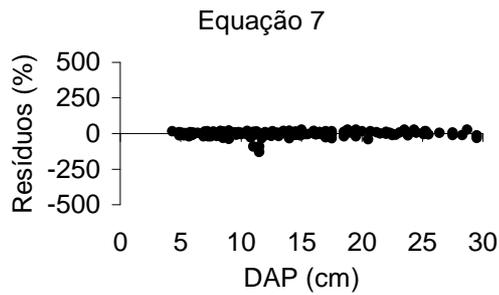
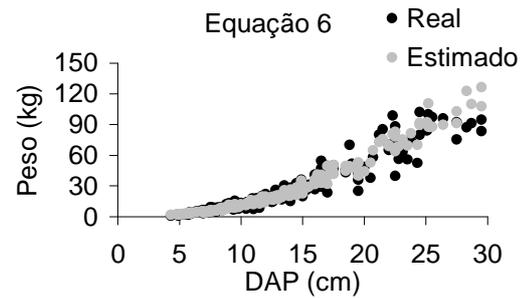
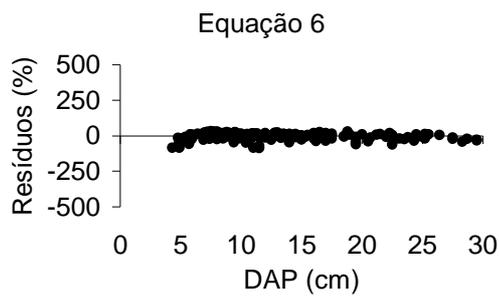
ANEXO 33 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.



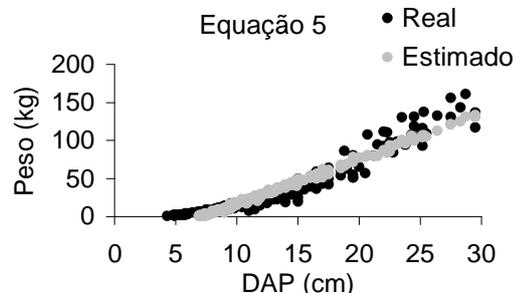
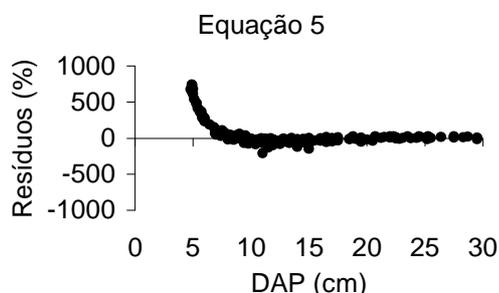
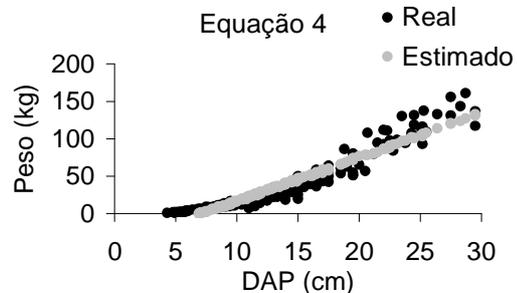
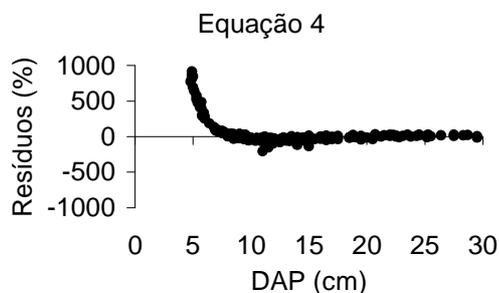
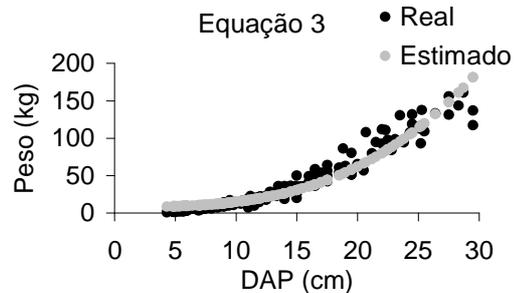
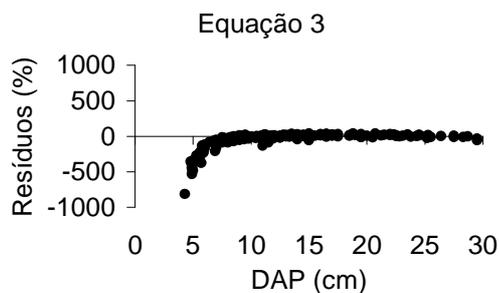
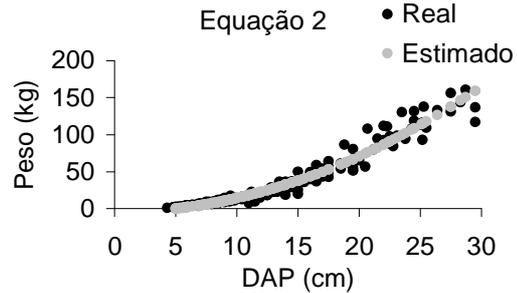
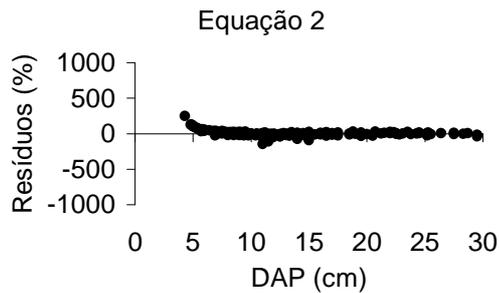
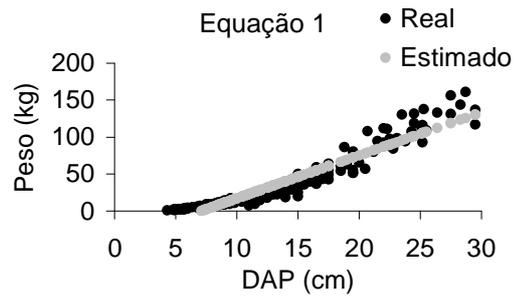
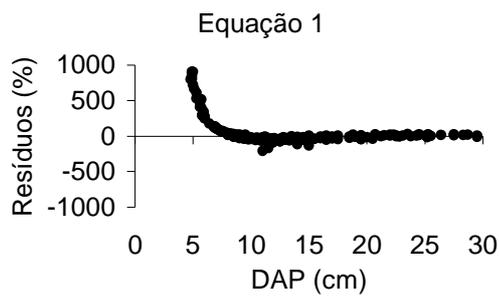
ANEXO 34 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.



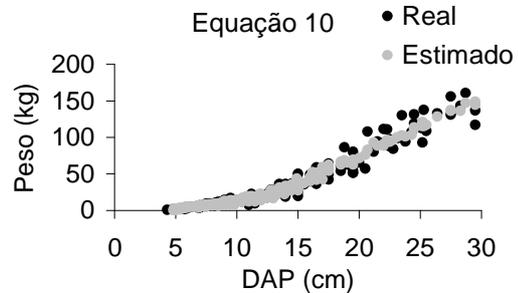
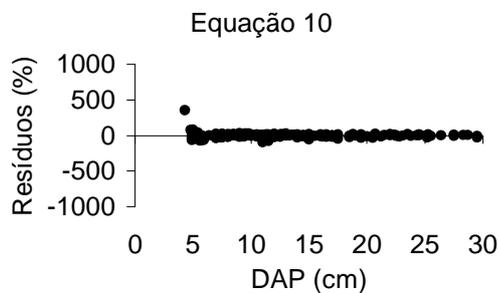
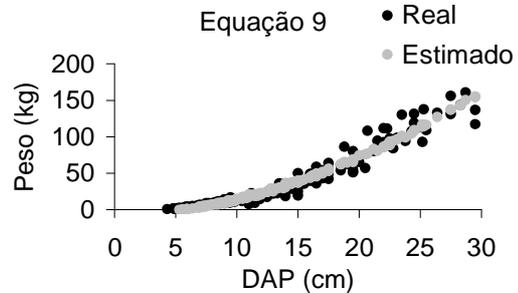
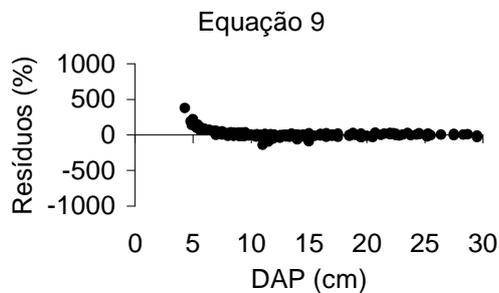
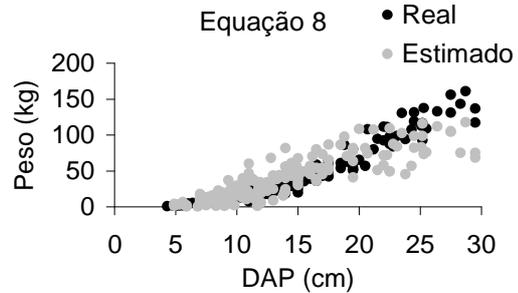
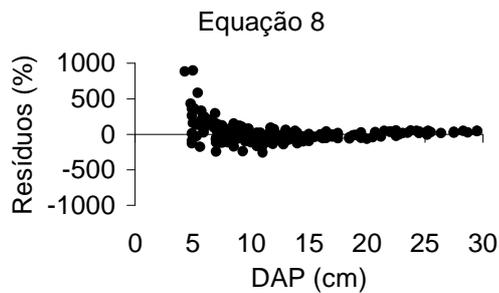
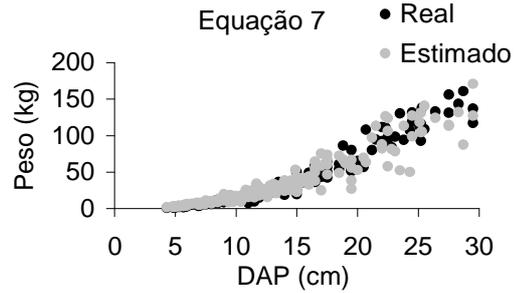
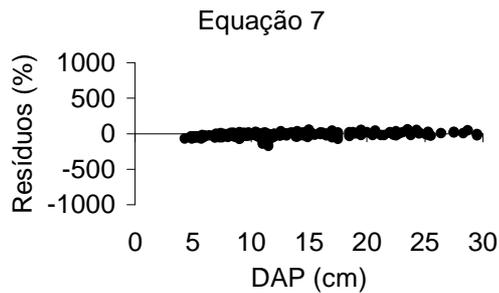
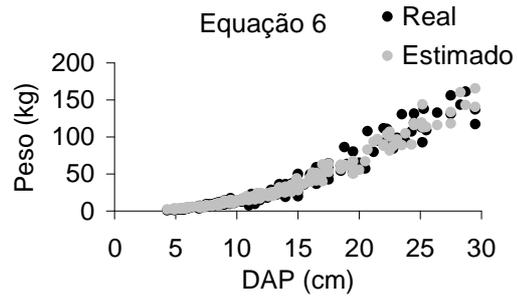
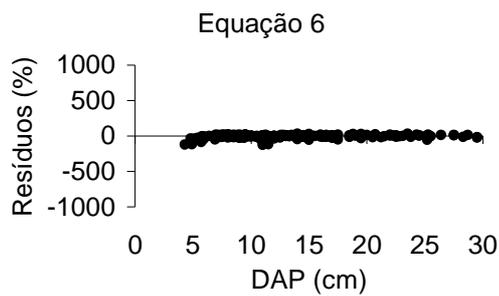
ANEXO 35 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.



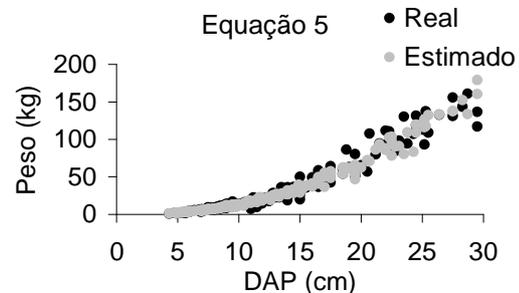
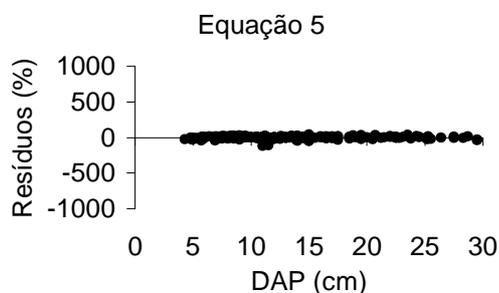
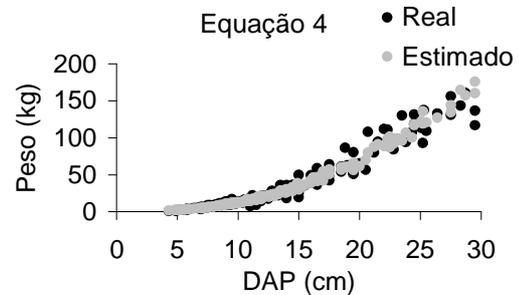
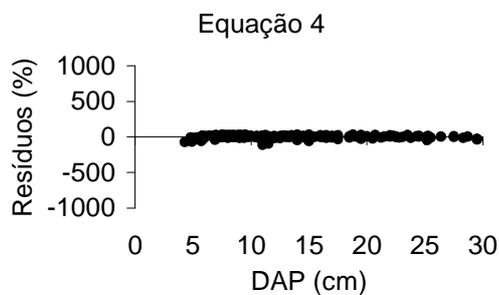
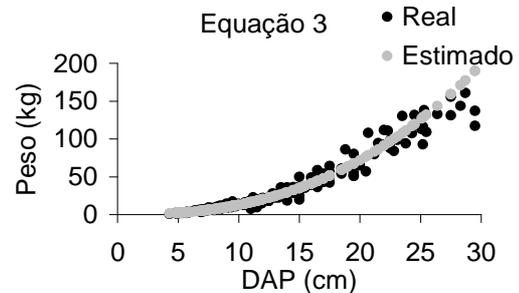
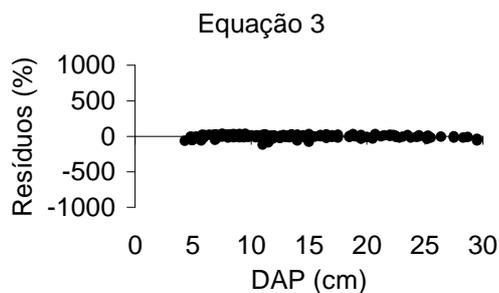
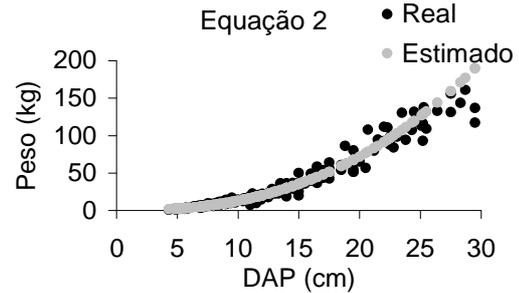
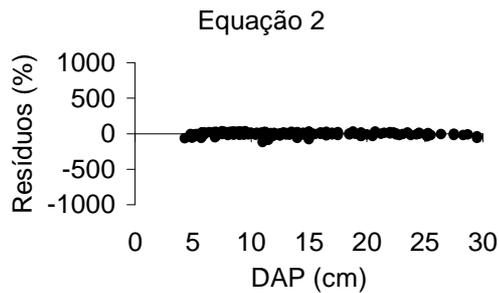
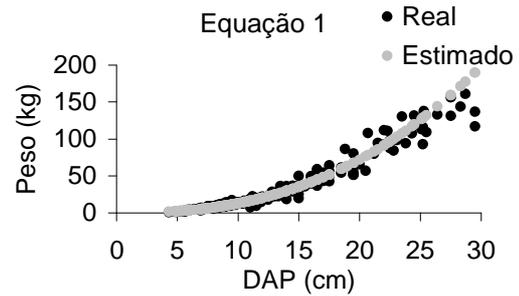
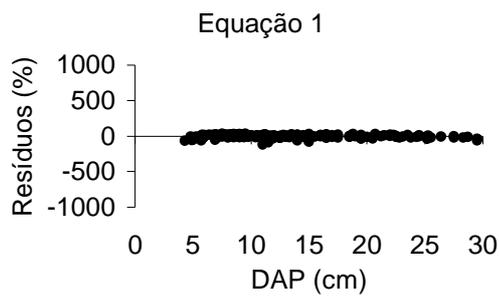
ANEXO 36 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DO FUSTE.



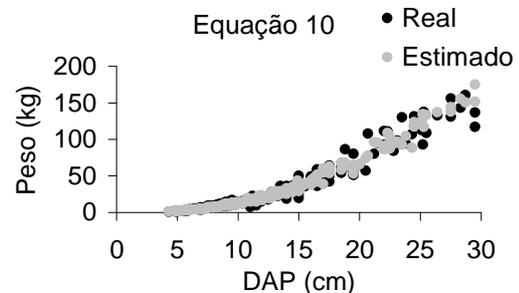
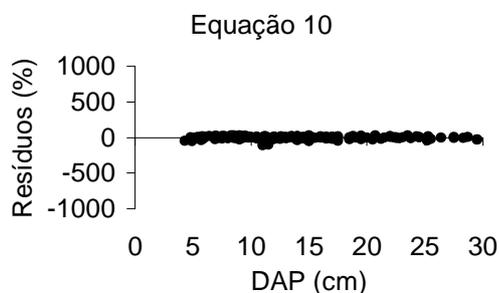
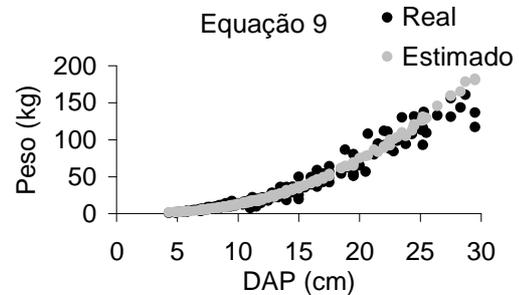
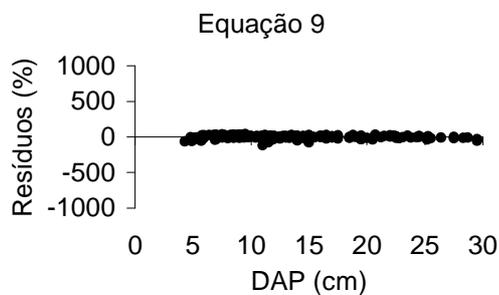
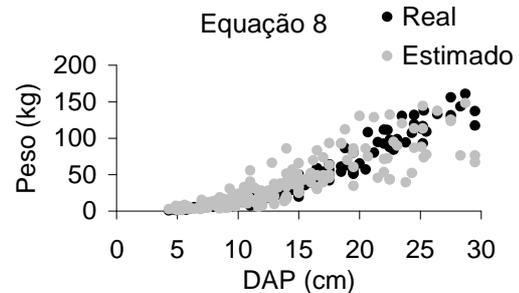
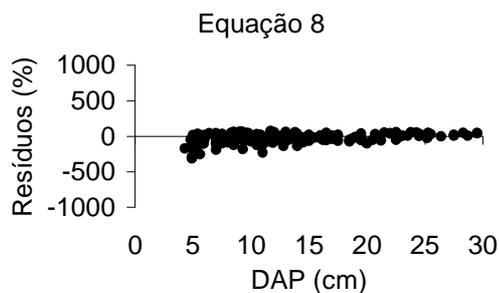
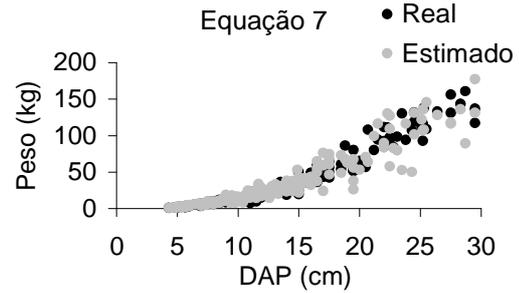
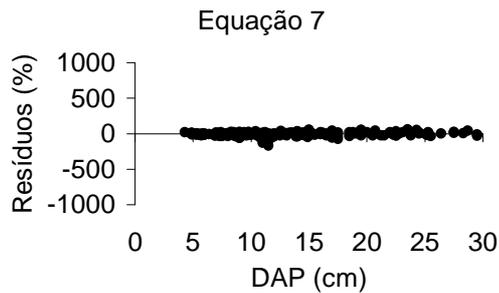
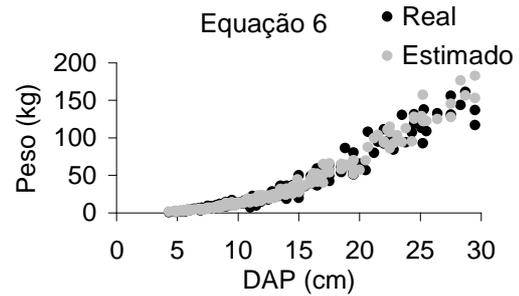
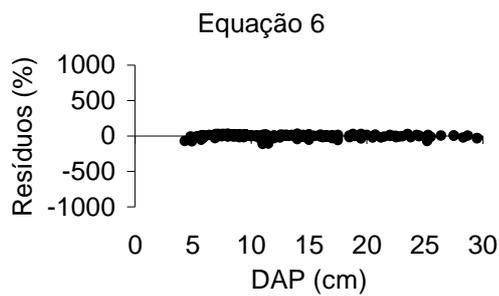
ANEXO 37 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.



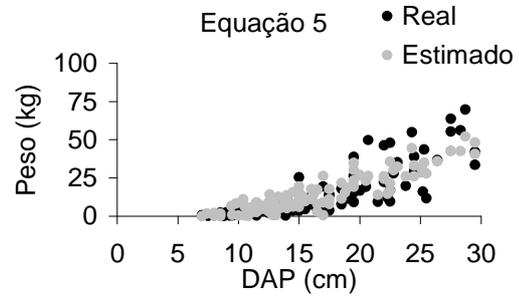
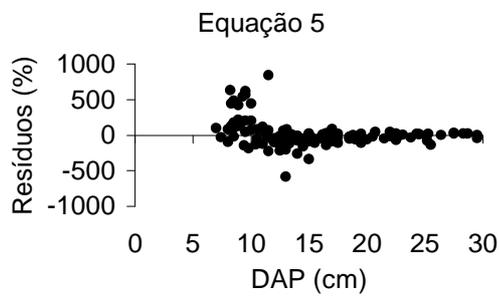
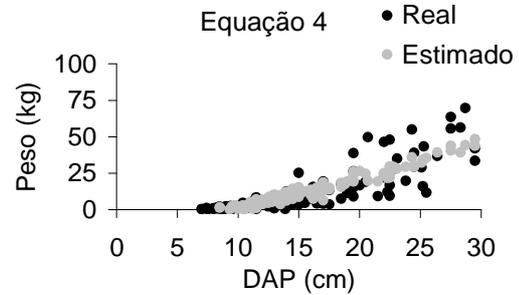
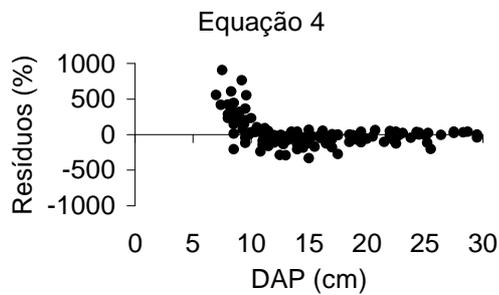
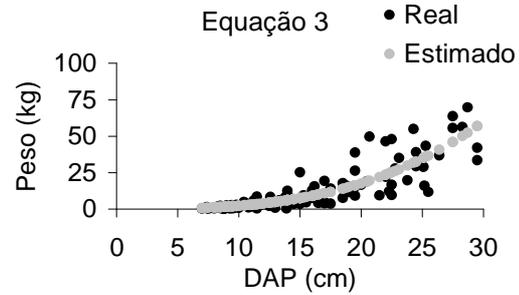
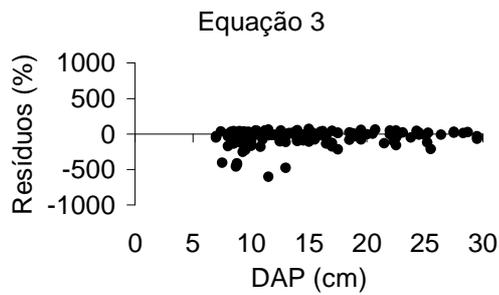
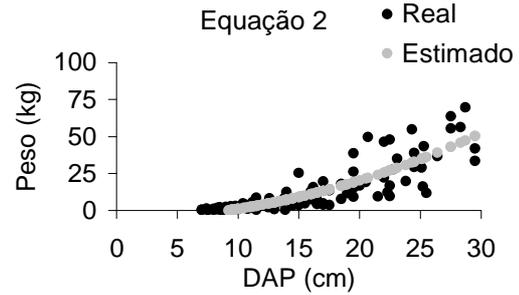
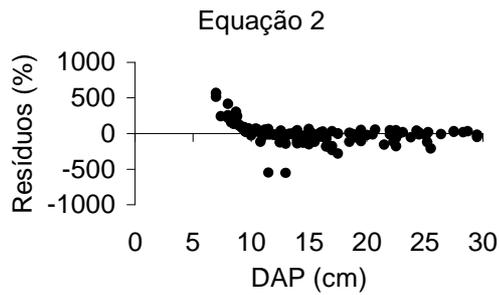
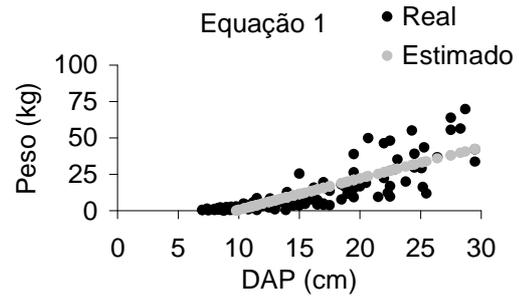
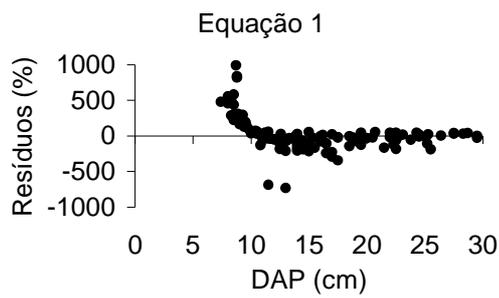
ANEXO 38 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.



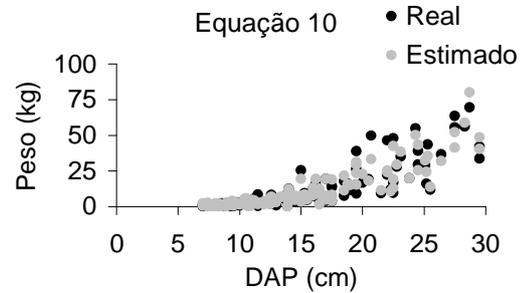
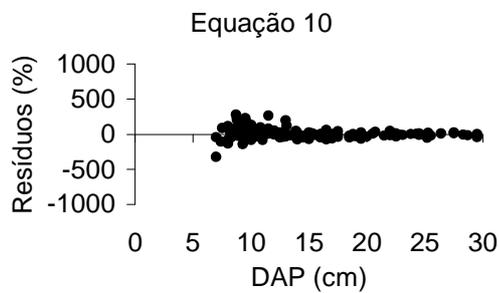
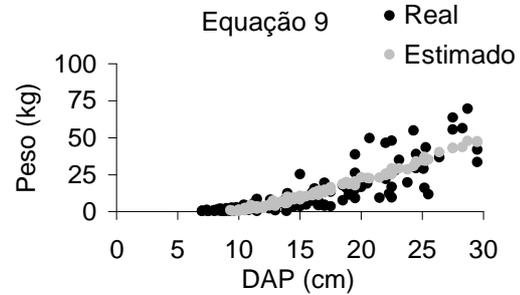
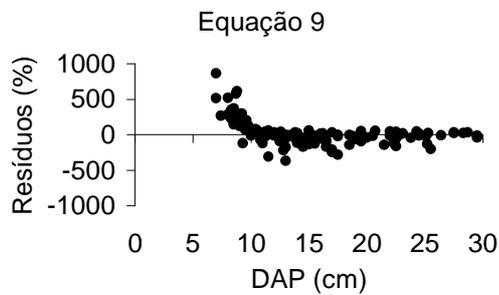
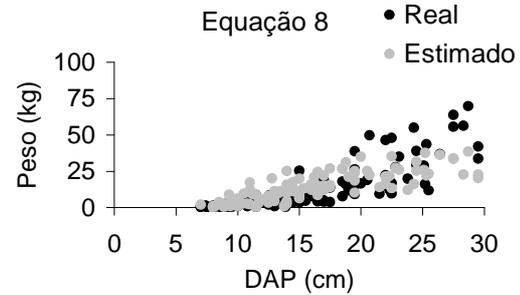
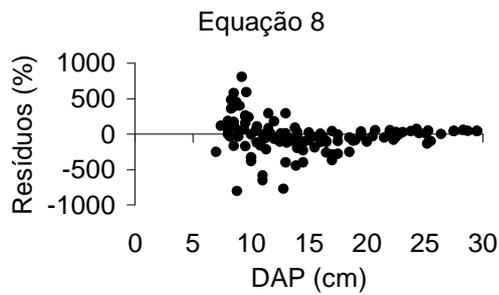
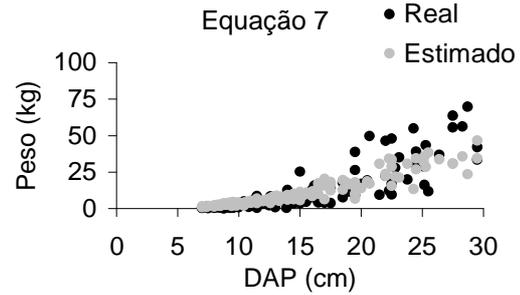
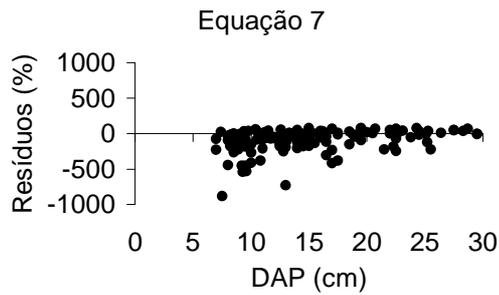
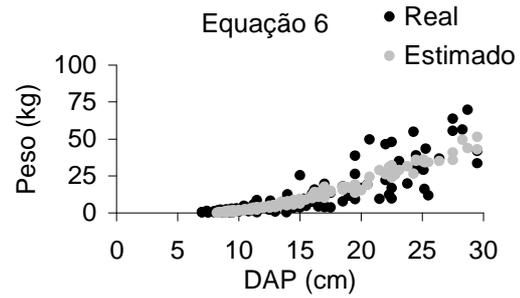
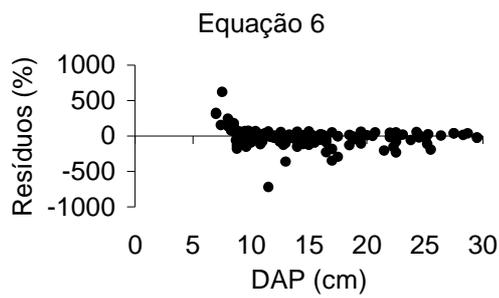
ANEXO 39 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.



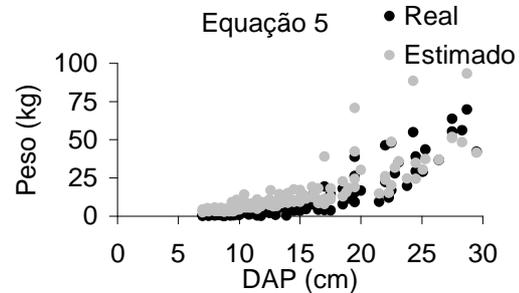
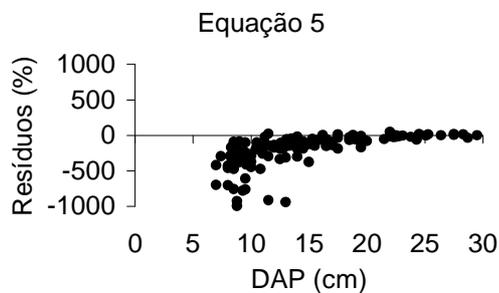
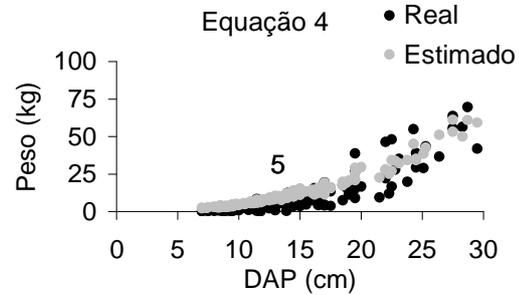
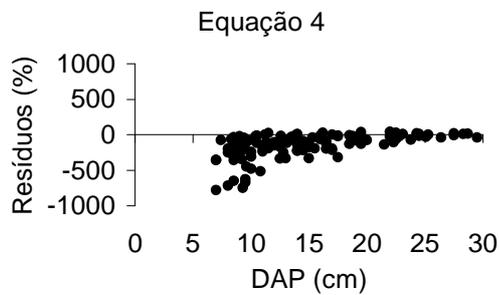
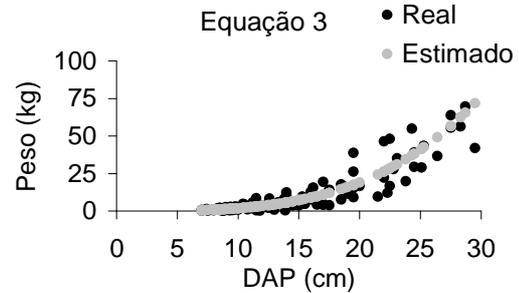
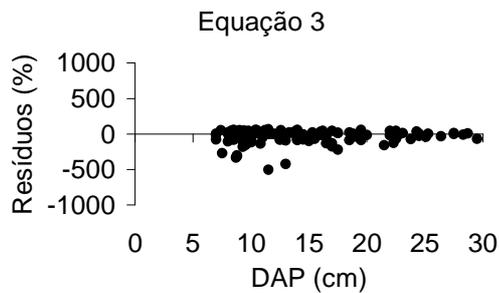
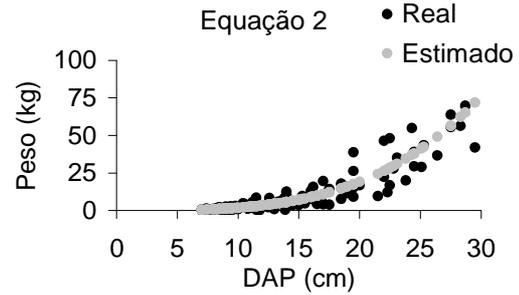
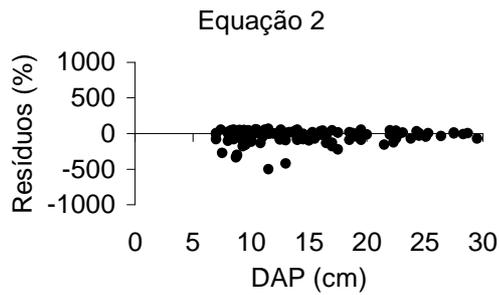
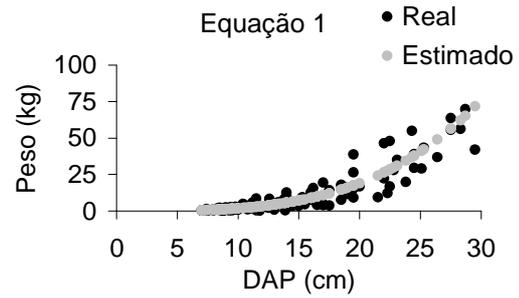
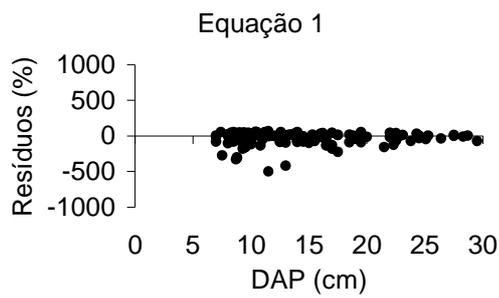
ANEXO 40 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA LENHA.



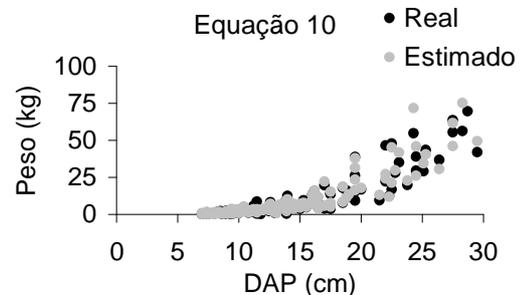
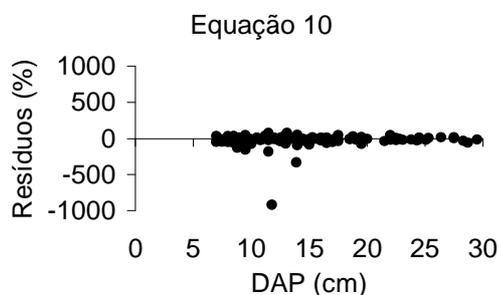
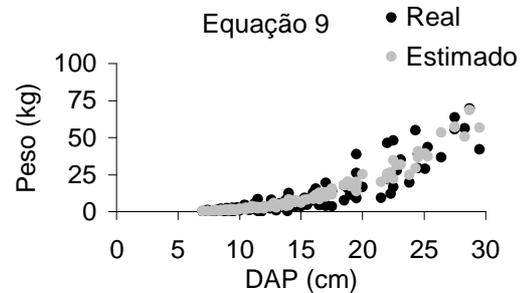
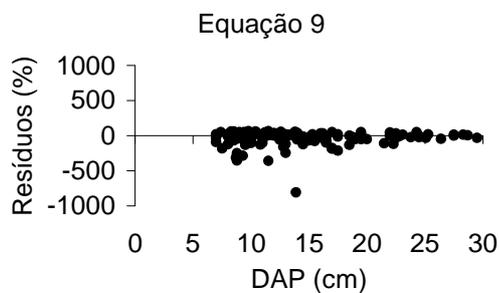
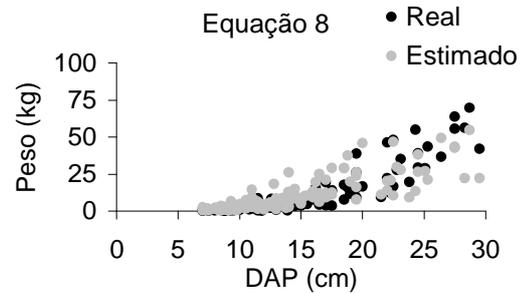
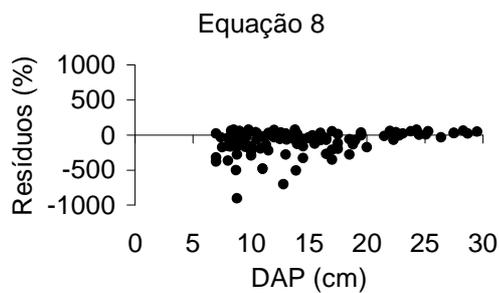
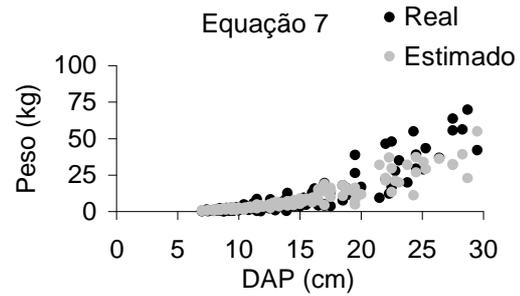
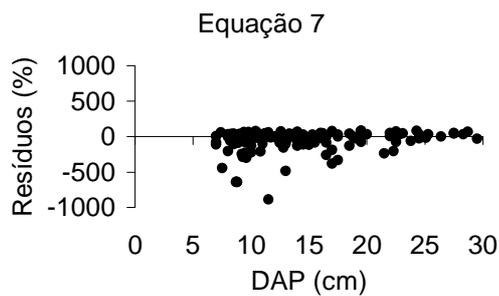
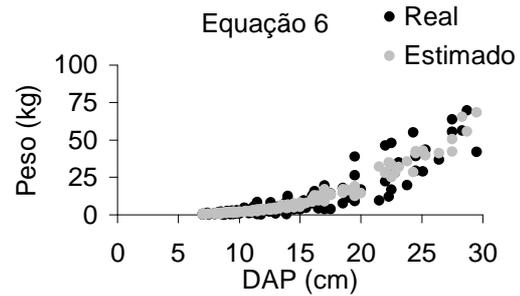
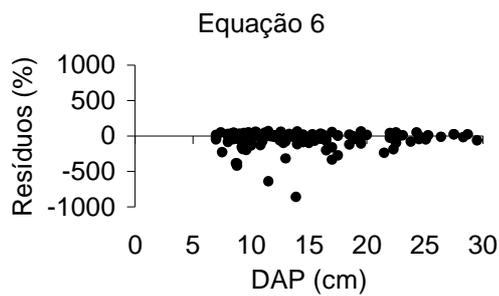
ANEXO 41 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



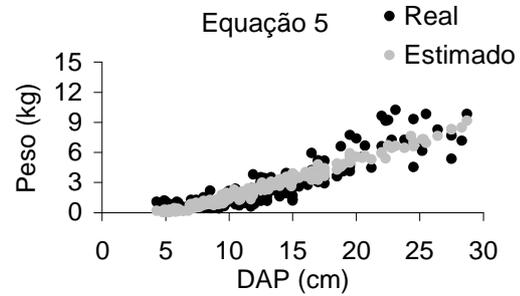
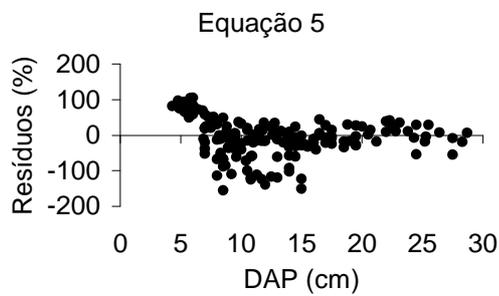
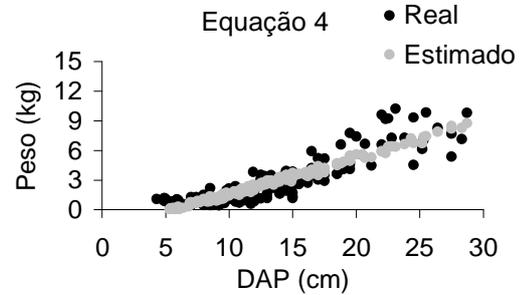
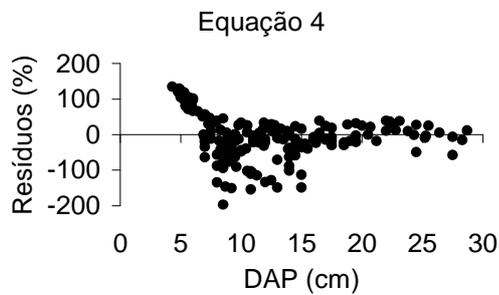
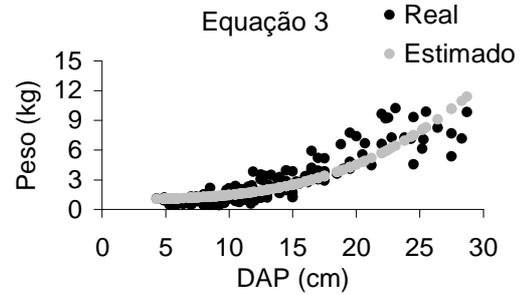
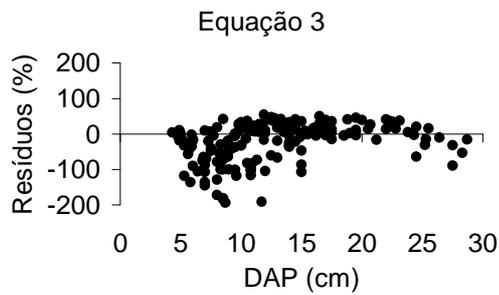
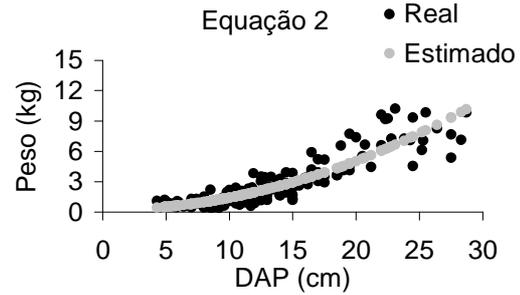
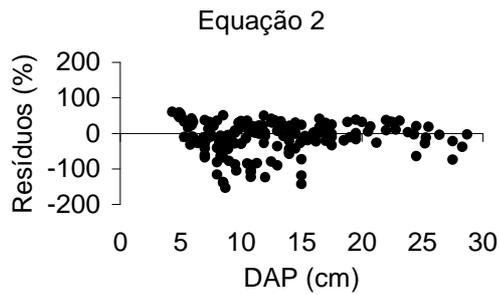
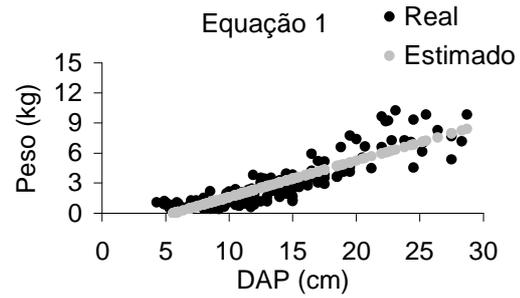
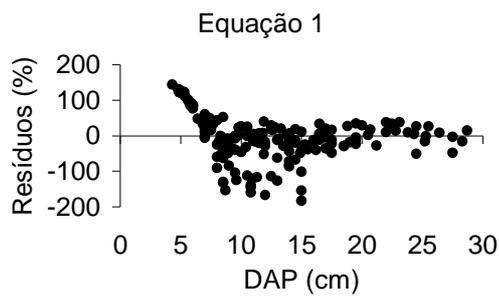
ANEXO 42 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



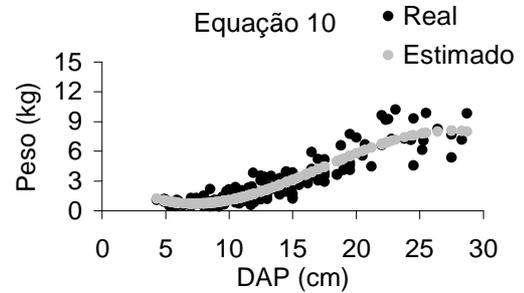
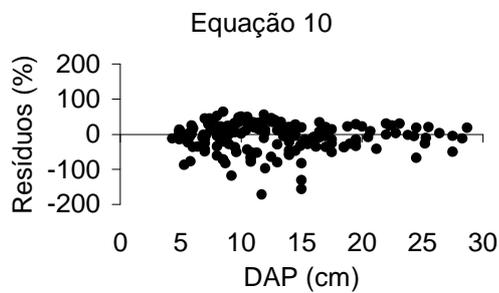
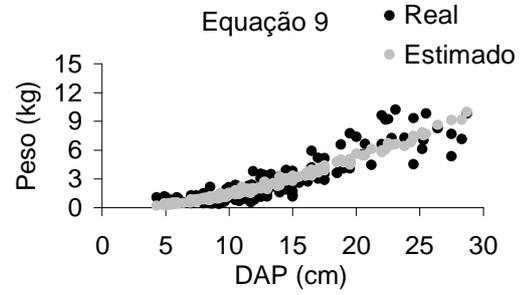
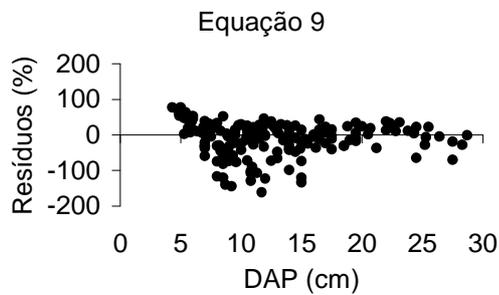
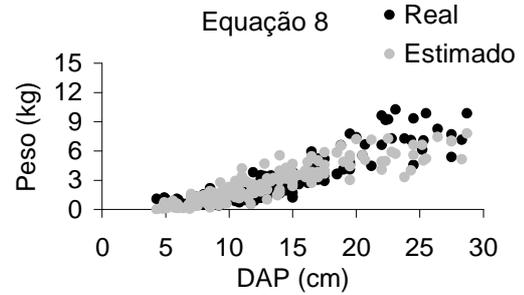
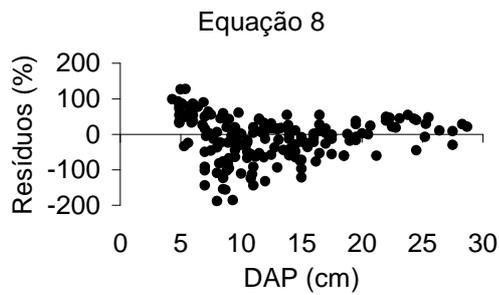
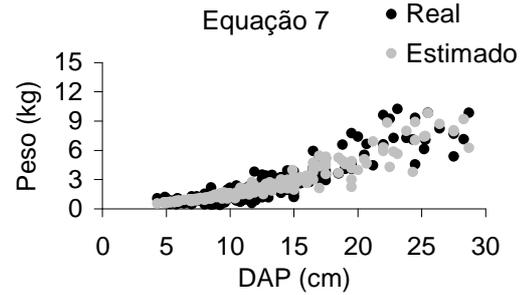
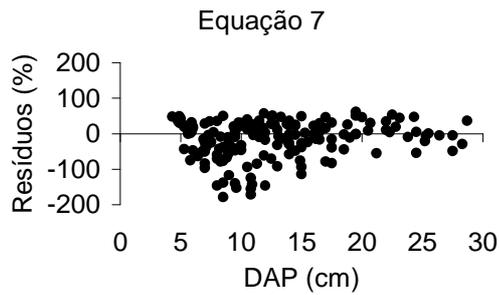
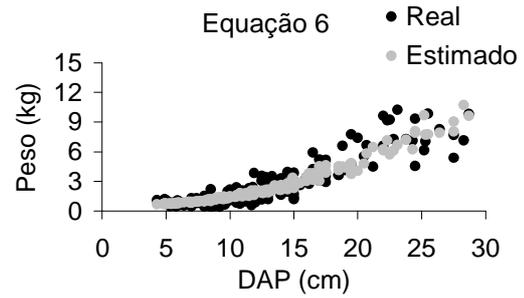
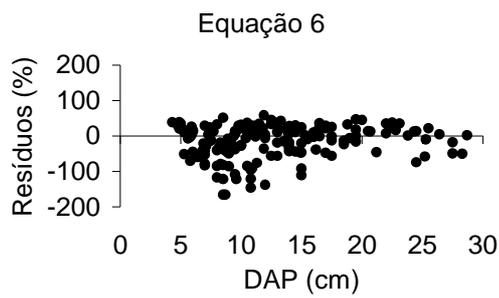
ANEXO 43 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



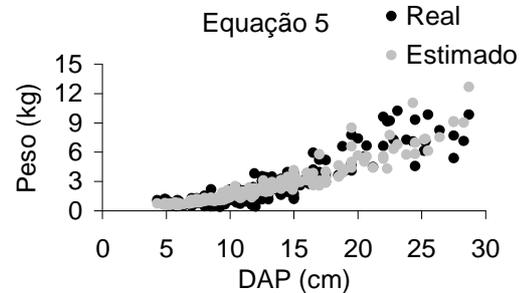
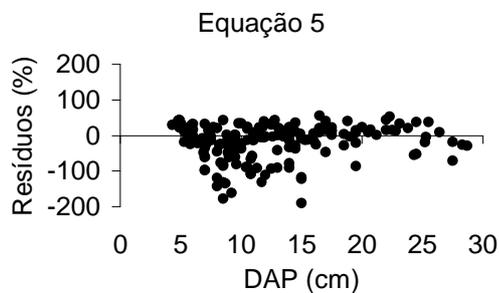
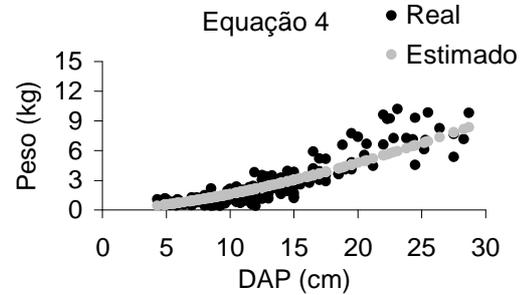
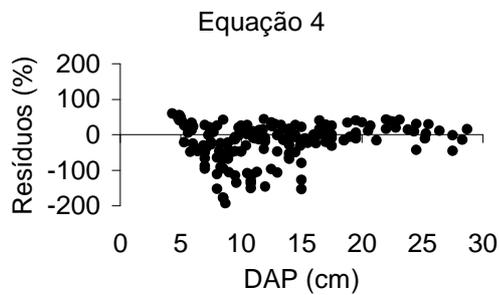
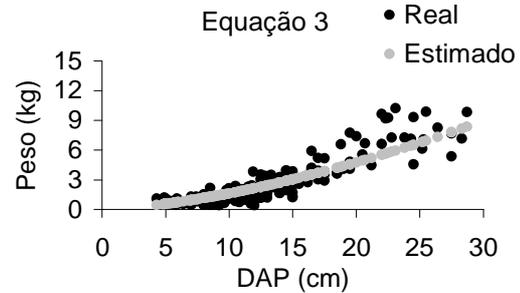
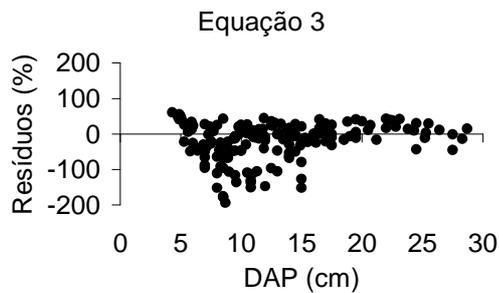
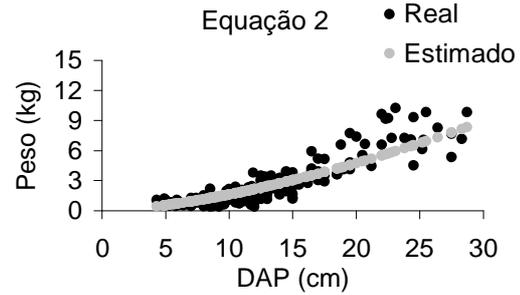
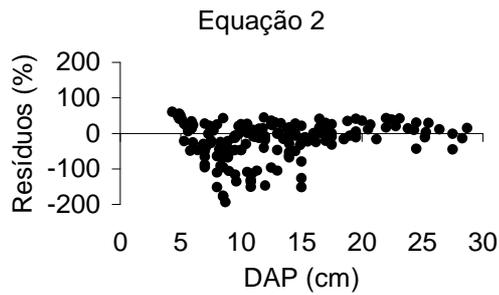
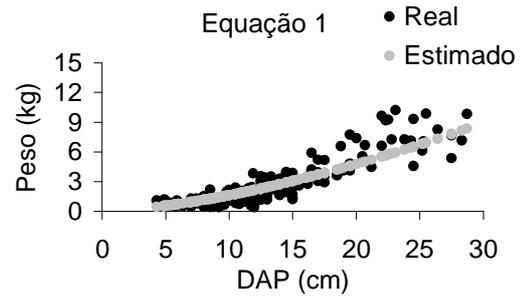
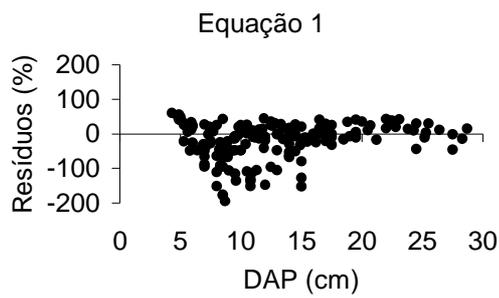
ANEXO 44 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MAIORES OU IGUAL A 4 cm.



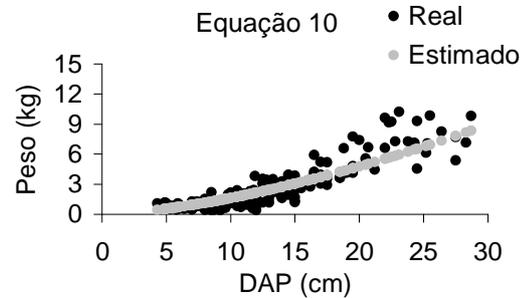
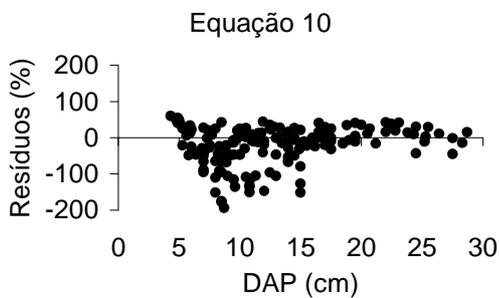
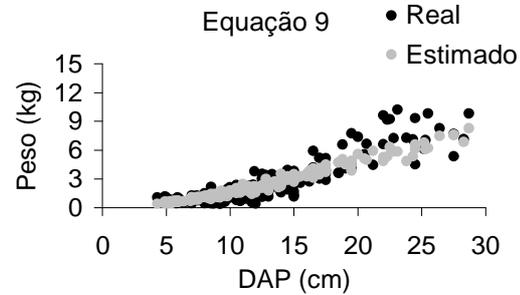
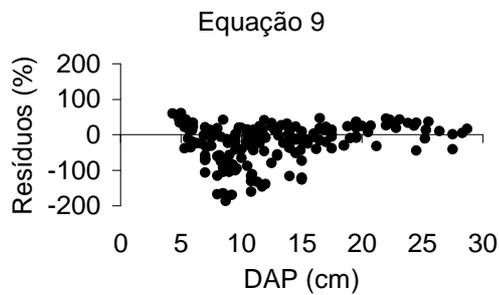
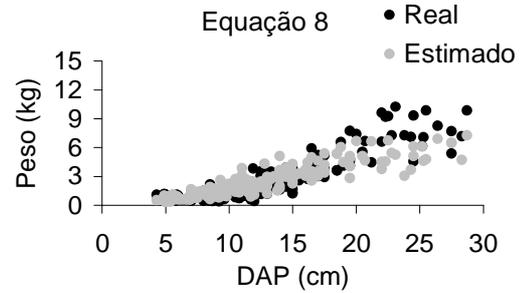
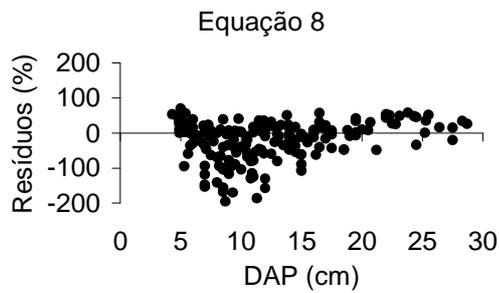
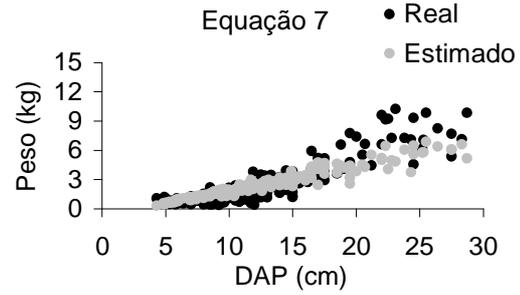
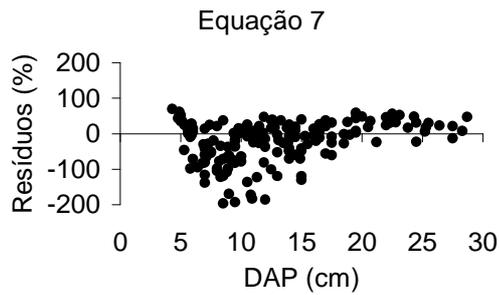
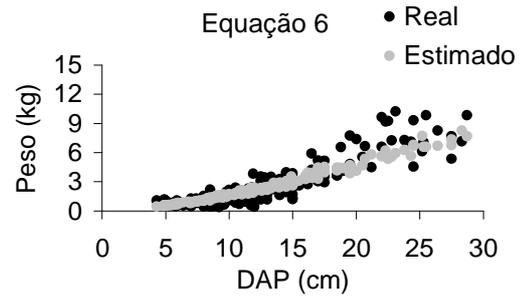
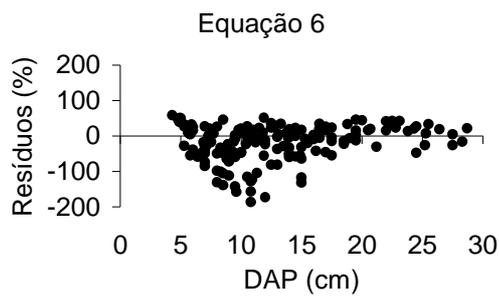
ANEXO 45 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



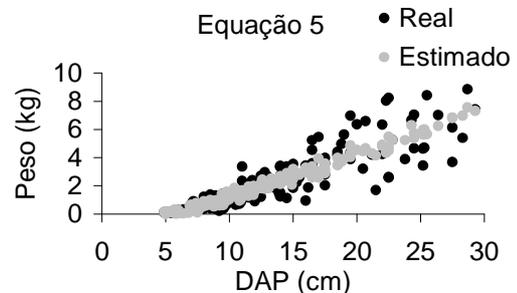
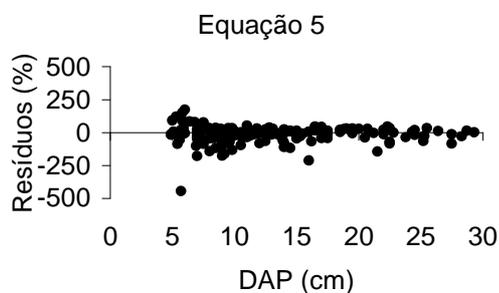
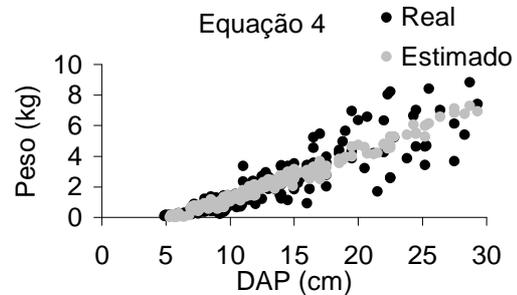
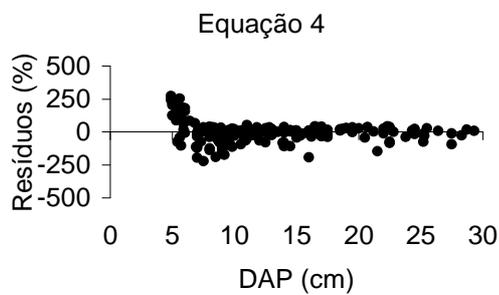
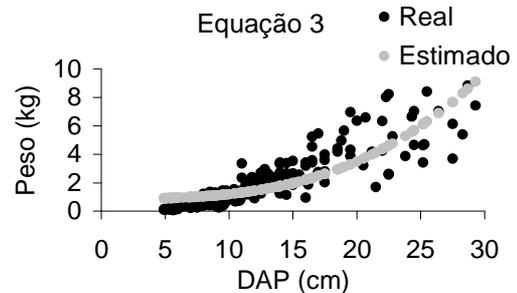
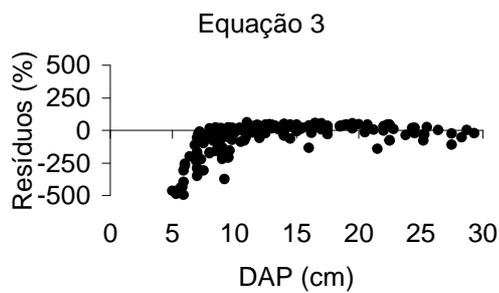
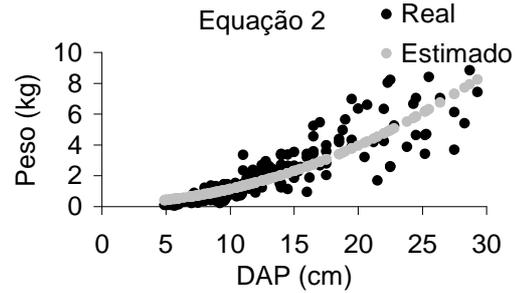
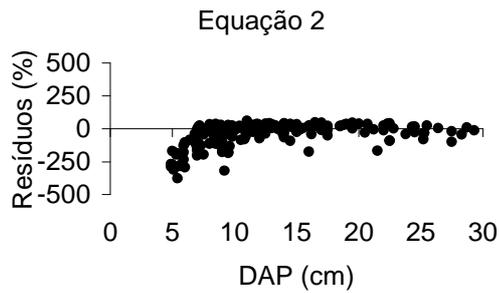
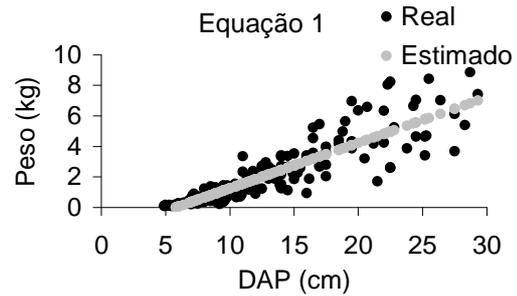
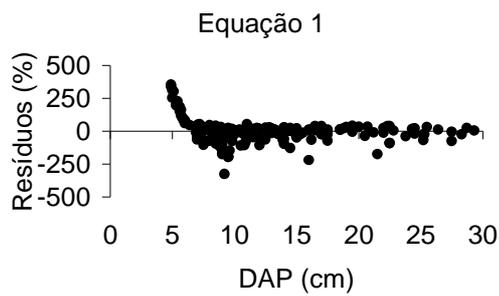
ANEXO 46 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



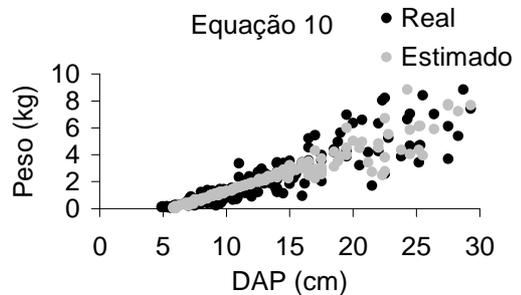
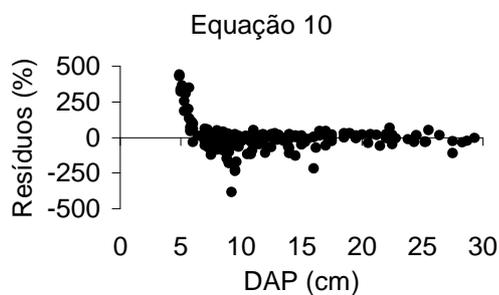
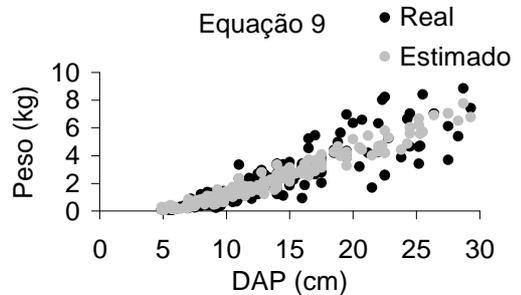
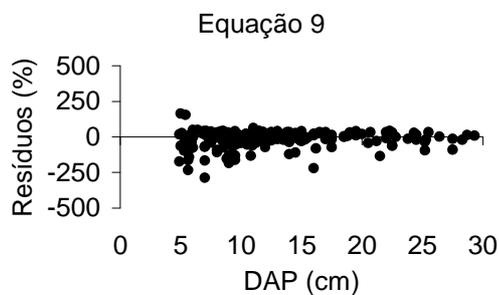
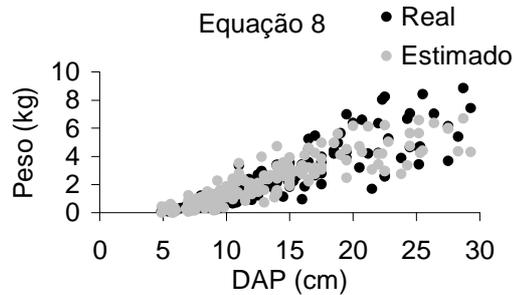
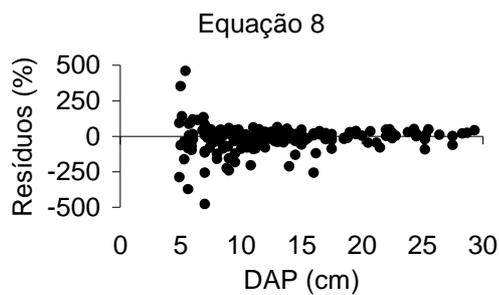
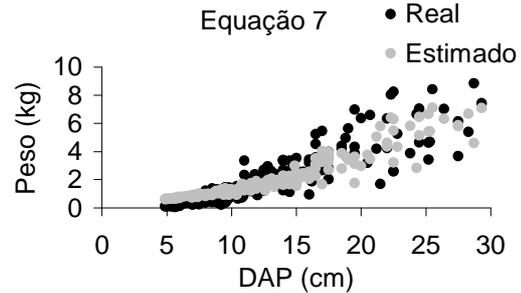
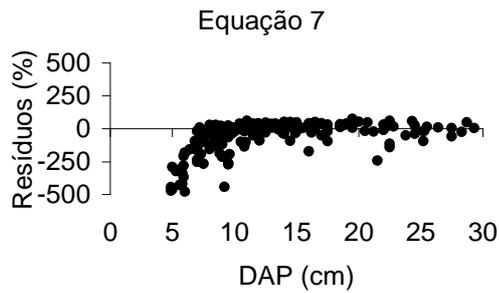
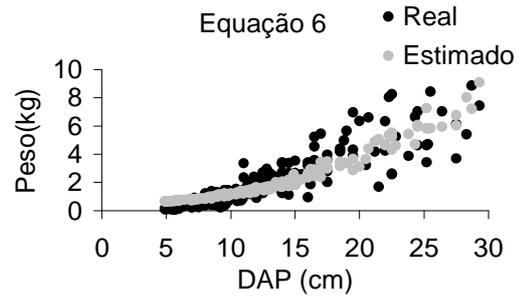
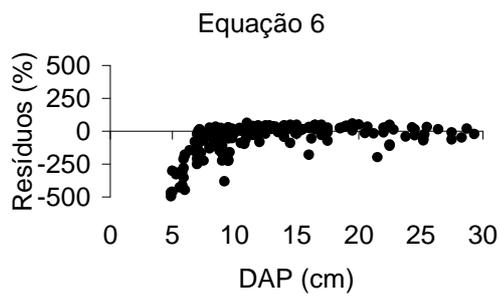
ANEXO 47 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



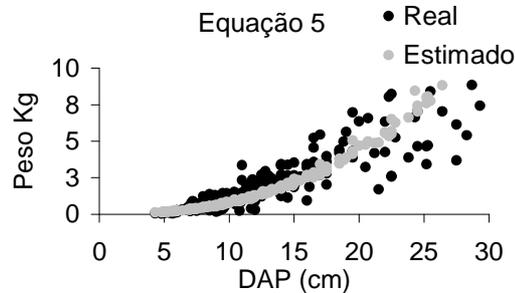
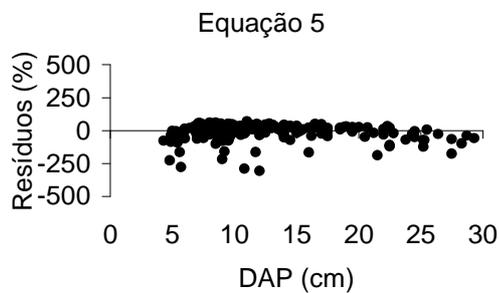
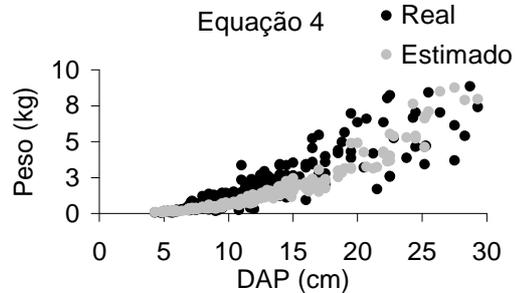
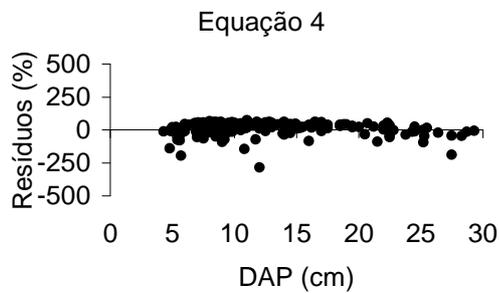
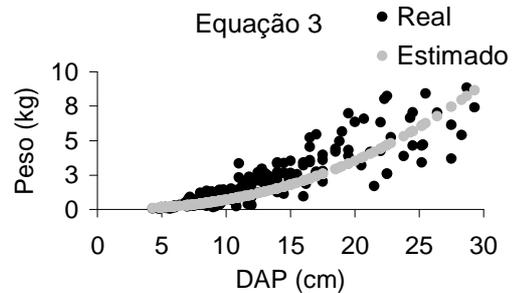
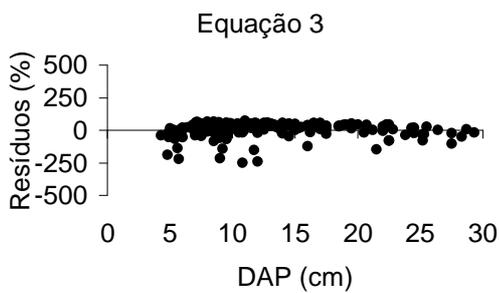
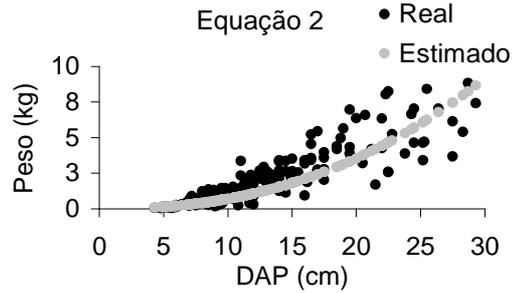
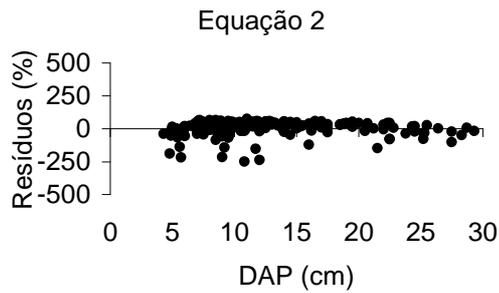
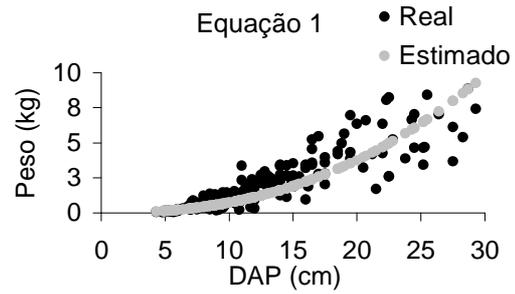
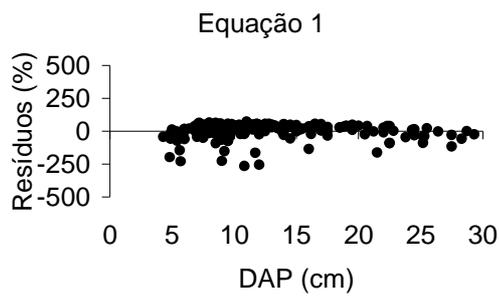
ANEXO 48 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DOS GALHOS MENORES DO QUE 4 cm.



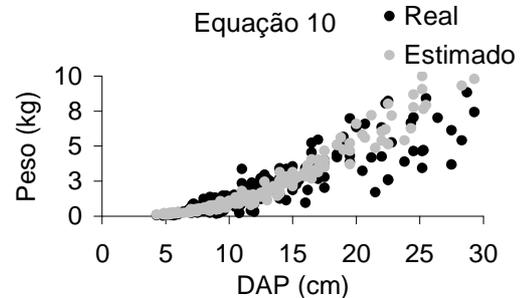
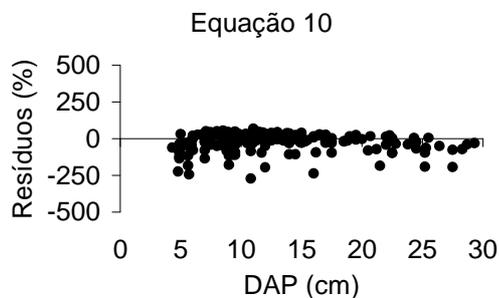
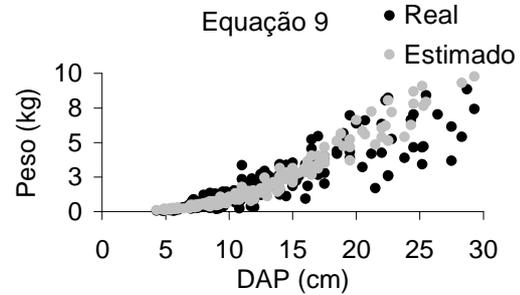
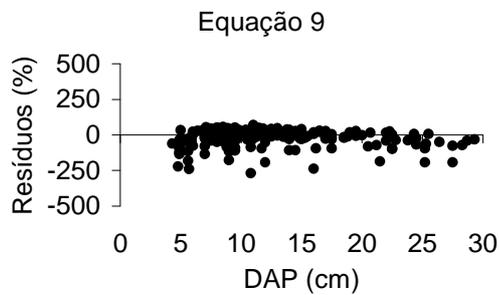
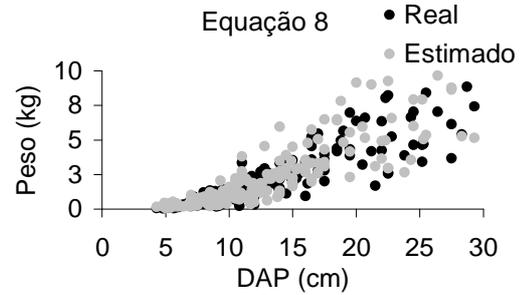
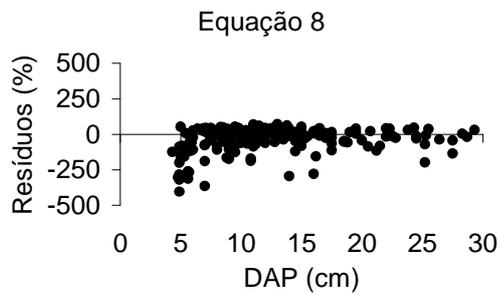
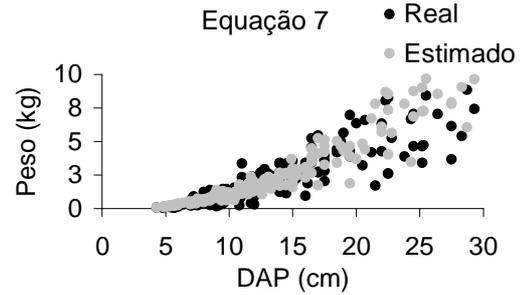
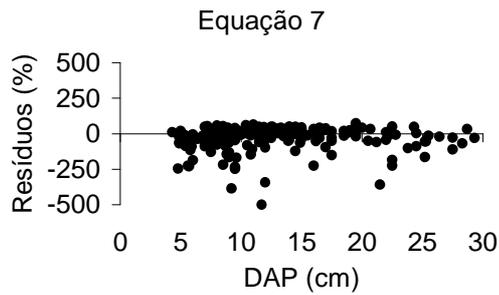
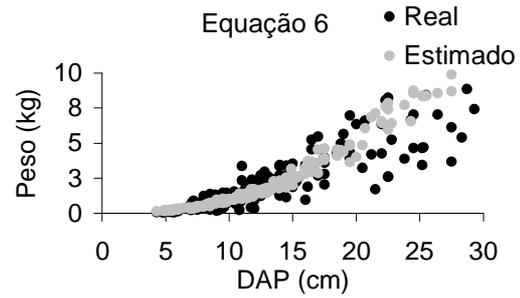
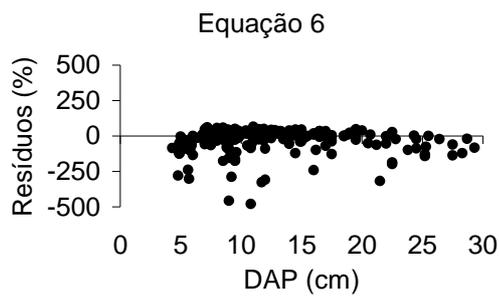
ANEXO 49 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.



ANEXO 50 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES ARITMÉTICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.



ANEXO 51 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍMICAS 01 ATÉ 05 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.



ANEXO 52 - RESÍDUOS E DISTRIBUIÇÃO DO ESTIMADO SOBRE O REAL, PELAS EQUAÇÕES LOGARÍTMICAS 06 ATÉ 10 PARA O PESO DE CARBONO DA FOLHAGEM.