

DIRCEU LUCIO CARNEIRO DE MIRANDA

**MODELOS MATEMÁTICOS DE ESTOQUE DE BIOMASSA  
E CARBONO EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO  
FLORESTAL NO SUDOESTE PAULISTA**

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

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientador:

Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

CURITIBA

2008

## TERMO DE APROVAÇÃO

## DEDICATÓRIA

A **DEUS**, pelo privilégio da vida e por toda experiência proporcionada, e aos meus pais que souberam me criar e me educar para a vida, me encorajando para que eu pudesse chegar onde cheguei.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por me conceder o privilégio da vida.

Ao meu orientador Prof. Carlos Roberto Sanquetta, por essa orientação e por todos os anos de convivência se tornando meu amigo. Por toda amizade e aprendizado, e principalmente por ter depositado em mim sua confiança e apreço, meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Prof. Sebastião do Amaral Machado pela preciosa co-orientação e pela grande atenção a mim direcionada. Foi uma honra poder contar com seus ensinamentos neste trabalho, pela admiração e pelas palavras de apoio incentivo, meu muito obrigado.

Ao Instituto Florestal – FEA (Floresta Estadual de Assis) que tornou possível a obtenção dos dados, meus agradecimentos pela generosa cooperação e parceria. Em especial ao meu amigo Antonio Carlos Galvão de Melo por me acompanhar neste trabalho, pelos esforços e pela ajuda desaprendida a mim. Foi uma pessoa de fundamental importância na concretização deste sonho. Meus mais sinceros agradecimentos.

A minha grande família agradeço: meus Avós, Tios e Tias, Primos e Primas. Em especial agradeço a minha mãe Hedy Carneiro, ao meu pai Dirceu Nunes de Miranda, a minha avó Rosa Carneiro e ao meu irmão Daniel Oswaldo Carneiro de Miranda, a todos vocês que estiveram sempre do meu lado nos momentos difíceis e nos melhores momentos da minha vida. Hoje sou um pouquinho de cada um. Cada qual me ensinou com seu jeito uma maneira de viver. Minha Avó com seu jeito calmo, inspirou-me serenidade. Meu pai com seu jeito durão de ser, me mostrou o valor da simplicidade. Ser competitivo começou com meu irmão, sendo meu adversário nas brincadeiras e meu amigo de sempre. Com seu jeito sensível de ser, mostrou-me que a vida pode ser muito mais do que parece, e que, o amor por si só pode tornar uma pessoa vencedora, pois aquilo que guardamos dentro do peito é o que nos motiva e nos traz um motivo maior para viver. Meu muito obrigado a minha Mãe.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos, viabilizando financeiramente a minha permanência no curso.

À Universidade Federal do Paraná e ao curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal por me proporcionar esta experiência.

Aos meus amigos, pois eles são fundamentais na minha vida, alegrando, apoiando e me incentivando, por isso meus eternos agradecimentos.

Aos meus grandes amigos que me acompanharam nesta jornada, Karla Simone Weber, Leonardo Mateus Hase, Daros Augusto Teodoro Silva, Joachim Graf Neto, Rafael Dudeque Zeni, Adriano Fernando, Evandro Tomé, Daniele Zílio, Andréia Pimentel, Paulo Chaves, Welligton Zumbini.

A Lucila de Almeida Vasques Fernandes por sua valiosa ajuda e principalmente por seu companheirismo nesses anos.

Aos Amigos Nassau de Nogueira Nardez e Roberto Valença pela amizade e pela experiência da convivência compartilhada fora de casa.

A todos os colegas e amigos de trabalho do Laboratório de Inventário Florestal da UFPR pela convivência diária em nosso segundo lar.

A todos que de alguma forma participaram deste trabalho e da minha vida, meus sinceros agradecimentos.

## **Saga da Amazônia**

Era uma vez na Amazônia a mais bonita floresta  
mata verde, céu azul, a mais imensa floresta  
no fundo d'água as laras, caboclo lendas e mágoas  
e os rios puxando as águas

Papagaios, periquitos, cuidavam de suas cores  
os peixes singrando os rios, curumins cheios de amores  
sorria o jurupari, uirapuru, seu porvir era: fauna, flora, frutos e flores

Toda mata tem caipora para a mata vigiar  
veio caipora de fora para a mata definhar  
e trouxe dragão-de-ferro, pra comer muita madeira  
e trouxe em estilo gigante, pra acabar com a capoeira

Fizeram logo o projeto sem ninguém testemunhar  
pra o dragão cortar madeira e toda mata derrubar:  
se a floresta meu amigo, tivesse pé pra andar  
eu garanto, meu amigo, com o perigo não tinha ficado lá

O que se corta em segundos gasta tempo pra vingar  
e o fruto que dá no cacho pra gente se alimentar?  
depois tem o passarinho, tem o ninho, tem o ar  
igarapé, rio abaixo, tem riacho e esse rio que é um mar

Mas o dragão continua a floresta devorar  
e quem habita essa mata, pra onde vai se mudar?  
corre índio, seringueiro, preguiça, tamanduá  
tartaruga: pé ligeiro, corre-corre tribo dos Kamaiurá

No lugar que havia mata, hoje há perseguição  
grileiro mata posseiro só pra lhe roubar seu chão  
castanheiro, seringueiro já viraram até peão  
afora os que já morreram como ave-de-arribação  
Zé de Nata ta de prova, naquele lugar tem cova  
gente enterrada no chão:

Pos mataram índio que matou grileiro que matou posseiro  
disse um castanheiro para um seringueiro que um  
estrangeiro roubou seu lugar

Foi então que um violeiro chegando na região  
ficou tão penalizado que escreveu essa canção  
e talvez, desesperado com tanta devastação  
pegou a primeira estrada, sem rumo, sem direção  
com os olhos cheios de água, sumiu levando essa mágoa  
dentro do seu coração

Aqui termina essa história para gente de valor  
prá gente que tem memória, muita crença, muito amor  
prá defender o que ainda resta, sem rodeio, sem aresta  
era uma vez uma floresta na Linha do Equador...

**Vital Farias**

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
	<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	xi
	<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
	<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xiv
	<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	xv
	<b>RESUMO</b> .....	xvi
	<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1	OBJETIVO GERAL .....	3
1.1.1	Objetivos específicos .....	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
2.1	MATAS CILIARES .....	4
2.2	RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....	5
2.3	RÍTMOS DE CRESCIMENTO DAS ESPÉCIES.....	8
2.4	O PAPEL DAS FLORESTAS FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	9
2.5	BIOMASSA FLORESTAL .....	12
2.6	FIXAÇÃO DE CARBONO FLORESTAL.....	14
2.7	DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA E DO TEOR DE CARBONO.....	15
2.8	RELAÇÕES ALOMÉTRICAS .....	17
2.9	ESTIMATIVAS DA BIOMASSA E DO CARBONO .....	19
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	26
3.1	ÁREA DE COLETA DOS DADOS .....	26
3.2	OBTENÇÃO DOS DADOS – UNIDADES AMOSTRAIS .....	29
3.2.1	Amostragem da biomassa .....	29
3.2.2	Inventário florestal.....	34
3.2.3	Estratificação dos dados .....	35
3.2.4	Análise exploratória dos dados – Detecção de dados discrepantes.....	36
3.2.5	Variáveis dependentes e independentes .....	36
3.3	MATRIZ DE CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES.....	38
3.3.1	Construção da matriz.....	38
3.3.2	Seleção das variáveis independentes .....	38
3.4	ESTIMATIVA DO PESO SECO DA BIOMASSA E PESO DE CARBONO.....	39
3.4.1	Equações ajustadas .....	40
3.5	CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DAS MELHORES EQUAÇÕES .....	42
3.5.1	Coeficiente de Determinação Ajustado .....	43

3.5.2	Erro padrão da estimativa (Syx e Syx%).....	44
3.5.3	Análise gráfica dos resíduos .....	46
3.6	APLICAÇÃO DA MODELAGEM EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....	47
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
4.1	PERCENTUAIS DE BIOMASSA .....	48
4.1.1	Percentuais de biomassa seca para o total das árvores, e para as espécies de crescimento rápido, médio e lento.....	48
4.1.2	Porcentagem da biomassa seca em cada compartimento em relação ao total das árvores e para as espécies de crescimento rápido, médio e lento....	50
4.2	TEORES DE CARBONO .....	53
4.2.1	Teores de carbono para cada espécie .....	53
4.2.2	Teores de carbono para o total das árvores, e para as espécies de crescimento rápido, médio e lento .....	57
4.2.3	Porcentagem de carbono em cada compartimento em relação ao total das árvores e para as espécies de crescimento rápido, médio e lento .....	59
4.3	CORRELAÇÃO LINEAR SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS PURAS .....	61
4.4	AJUSTE DE EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA SECA E DO PESO DE CARBONO (C) FIXADO.....	63
4.4.1	Ajustes para estimativa do total da biomassa e carbono para os dados totais, espécies de crescimento rápido, médio, lento e árvores <10cm de diâmetro.....	63
4.4.2	Ajuste para a estimativa da biomassa seca e carbono nos compartimentos para os dados totais, espécies de crescimento rápido, médio e lento .....	82
4.4.2.1	Ajustes para o fuste .....	82
4.4.2.2	Ajustes para a parte aérea .....	84
4.4.2.3	Ajustes para as raízes .....	86
4.4.2.4	Ajustes para a folhagem .....	87
4.4.2.5	Ajustes para os galhos .....	89
4.4.2.6	Ajustes para a casca .....	91
4.5	APLICAÇÃO DA MODELAGEM EM ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL .....	92
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>96</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>98</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>108</b>



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA SECA TOTAL PARA O TOTAL DOS DADOS E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	67
TABELA 2	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DO CARBONO TOTAL PARA O TOTAL DOS DADOS E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	67
TABELA 3	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA SECA TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	70
TABELA 4	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DO CARBONO TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	70
TABELA 5	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA SECA TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO MÉDIO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	73
TABELA 6	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DO CARBONO TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO MÉDIO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	73
TABELA 7	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA SECA TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO LENTO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	76
TABELA 8	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DO CARBONO TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO LENTO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	76
TABELA 9	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA SECA TOTAL PARA AS ÁRVORES < 10 CM DE DIÂMETRO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	79
TABELA 10	COEFICIENTES AJUSTADOS PARA ESTIMATIVA DO CARBONO TOTAL PARA AS ÁRVORES < 10 CM DE DIÂMETRO E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE .....	79
TABELA 11	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA SECA E CARBONO PARA O FUSTE E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	84
TABELA 12	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA SECA E CARBONO PARA A PARTE AÉREA E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	85
TABELA 13	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA SECA E CARBONO PARA AS RAÍZES E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	87
TABELA 14	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA SECA E CARBONO PARA A FOLHAGEM E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	89
TABELA 15	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA SECA E CARBONO PARA OS GALHOS E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	90

TABELA 16	EQUAÇÕES AJUSTADAS PARA ESTIMAR A BIOMASSA SECA E CARBONO PARA A CASCA E SUAS RESPECTIVAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE.....	92
-----------	---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	TEOR DE BIOMASSA SECA (%) EM CADA COMPARTIMENTO PARA O TOTAL DOS DADOS, ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO.....	48
GRÁFICO 2	TEOR DE CARBONO (%) EM CADA COMPARTIMENTO PARA O TOTAL DOS DADOS, ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO .....	58
GRÁFICO 3	TENDÊNCIA DO ESTOQUE DE CO <sub>2</sub> EM FUNÇÃO DA IDADE NAS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO INVENTARIADAS .....	94

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	MAPA DA REGIÃO DE ESTUDO – ESTADO DE SÃO PAULO, COM A LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS ONDE OS DADOS DE BIOMASSA E INVENTÁRIO FLORESTAL FORAM COLETADOS.....	27
FIGURA 2	ETAPAS PARA OBTENÇÃO DOS DADOS DE BIOMASSA E CARBONO .....	29
FIGURA 3	MEDIÇÃO DOS DAPS E ESCAVAÇÃO DAS RAÍZES .....	32
FIGURA 4	SEPARAÇÃO E PESAGEM DOS COMPARTIMENTOS .....	32
FIGURA 5	RETIRADA E PESAGEM DE AMOSTRA .....	33
FIGURA 6	FRACIONAMENTO E SECAGEM DAS AMOSTRAS .....	34
FIGURA 7	ANALISADOR DE CARBONO E AMOSTRAS PRONTAS PARA ANÁLISE .....	34
FIGURA 8	ORGANOGRAMA DA SEQUÊNCIA PARA O AJUSTE DAS 580 EQUAÇÕES .....	41
FIGURA 9	REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA BIOMASSA SECA DE CADA COMPARTIMENTO EM RELAÇÃO A SUA BIOMASSA TOTAL PARA O TOTAL DOS DADOS, ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO.....	51
FIGURA 10	ANÁLISE GRÁFICA DO PERCENTUAL DE CARBONO DE CADA COMPARTIMENTO EM RELAÇÃO AO TOTAL DO PESO DE CARBONO PARA O TOTAL DOS DADOS, ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO .....	58
FIGURA 11	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA BIOMASSA SECA TOTAL PARA OS DADOS TOTAIS ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10.....	68
FIGURA 12	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA CARBONO TOTAL PARA OS DADOS TOTAIS ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10.....	69
FIGURA 13	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA BIOMASSA TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	71
FIGURA 14	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA CARBONO TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	72
FIGURA 15	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA BIOMASSA TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO MÉDIO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	74
FIGURA 16	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA CARBONO TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO MÉDIO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	75
FIGURA 17	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA BIOMASSA SECA TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO LENTO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	77
FIGURA 18	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA CARBONO TOTAL PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO	

	LENTO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	78
FIGURA 19	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA BIOMASSA SECA TOTAL PARA AS ÁRVORES < 10 CM DE DIÂMETRO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	80
FIGURA 20	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA CARBONO TOTAL PARA AS ÁRVORES < 10 CM DE DIÂMETRO ESTIMADOS PELOS MODELOS 1 A 10 .....	81

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE REFLORESTAMENTOS CILIARES AMOSTRADAS NO MÉDIO VALE DO PARANAPANEMA PELO INVENTÁRIO FLORESTAL, EM 2007.....	28
QUADRO 2	VARIÁVEIS DEPENDENTES PURAS E TRANSFORMADAS UTILIZADAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO.....	36
QUADRO 3	VARIÁVEIS INDEPENDENTES PURAS, TRANSFORMADAS E COMBINADAS UTILIZADAS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA E CARBONO .....	37
QUADRO 4	MODELOS TESTADOS PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA SECA TOTAL E CARBONO TOTAL, POR RITMO DE CRESCIMENTO E PARA CADA COMPARTIMENTO .....	42
QUADRO 5	TEORES DE CARBONO NA MATÉRIA SECA DE 44 ESPÉCIES NATIVAS, PLANTADAS EM REFLORESTAMENTOS DE RESTAURAÇÃO NO MÉDIO VALE DO PARANAPANEMA, SP (MÉDIA $\pm$ DESVIO PADRÃO).....	54
QUADRO 6	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE BIOMASSA SECA E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES .....	61
QUADRO 7	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS DEPENDENTES DE CARBONO TOTAL E AS VARIÁVEIS INDEPENDENTES .....	62
QUADRO 8	ESTIMATIVAS PARA BIOMASSA SECA E CARBONO DAS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO INVENTARIADAS .....	93

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO I	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA OS MODELOS ESCOLHIDOS DE BIOMASSA E CARBONO DO FUSTE, PARA O TOTAL DOS DADOS E PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO .....	108
ANEXO II	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA OS MODELOS ESCOLHIDOS DE BIOMASSA E CARBONO DA PARTE AÉREA, PARA O TOTAL DOS DADOS E PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO.....	109
ANEXO III	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA OS MODELOS ESCOLHIDOS DE BIOMASSA E CARBONO DAS RAÍZES, PARA O TOTAL DOS DADOS E PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO .....	110
ANEXO IV	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA OS MODELOS ESCOLHIDOS DE BIOMASSA E CARBONO DA FOLHAGEM, PARA O TOTAL DOS DADOS E PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO .....	111
ANEXO V	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA OS MODELOS ESCOLHIDOS DE BIOMASSA E CARBONO DOS GALHOS, PARA O TOTAL DOS DADOS E PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO, MÉDIO E LENTO .....	112
ANEXO VI	DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DOS RESÍDUOS EM PERCENTAGEM PARA OS MODELOS ESCOLHIDOS DE BIOMASSA E CARBONO DA CASCA, PARA O TOTAL DOS DADOS E PARA AS ESPÉCIES DE CRESCIMENTO RÁPIDO MÉDIO E LENTO .....	113
ANEXO VII	MODELOS INICIALMENTE TESTADOS PARA TODAS AS ÁRVORES .	114

## RESUMO

O objetivo geral deste estudo foi quantificar e modelar a biomassa e o carbono florestal por meio de variáveis de fácil obtenção visando estimar o estoque de carbono em plantios em áreas de restauração florestal. Para as estimativas do estoque de carbono nas áreas de restauração, foi realizado um inventário florestal nestas áreas, onde foram distribuídas e instaladas 53 parcelas com tamanho de 112 m<sup>2</sup> e 125 m<sup>2</sup>, resultando em uma intensidade de amostragem de 8,28%. Os dados para os ajustes neste estudo são provenientes de 107 árvores plantadas entre os anos de 1970 e 2001 situadas nos municípios de Assis e Tarumã no Estado de São Paulo. Em todas as árvores foram mensuradas as variáveis independentes DAP (diâmetro a altura do peito) e h (altura total). Cada árvore foi derrubada e dividida nos compartimentos fuste, galhos, folhagem, casca e raízes, os quais tiveram seus pesos verdes obtidos *in loco*. Em cada compartimento foi retirada uma amostra para determinação da biomassa seca e do carbono orgânico. Para o teste e ajustes dos modelos foi realizada uma estratificação dos dados iniciais (n=107) em espécies de crescimento rápido (n=41), médio (n=43), lento (n=23) e árvores menores do que 10 cm de diâmetro (n=22). Os ajustes contaram com 8 modelos lineares selecionados na literatura para cada variável dependente, e 2 obtidos pelo processo *Stepwise-Forward*. Os critérios para a seleção dos melhores modelos foram os coeficientes de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ), os erros padrões de estimativa em percentagem (Syx%) e análise gráfica dos resíduos. A biomassa seca foi maior nos galhos (38,7%), seguido do fuste, raízes, folhagem e casca, com respectivamente 28,8; 20,1; 7,2 e 5,3%. O teor médio de carbono orgânico encontrado nas espécies analisadas foi de 42,5% para a folhagem, 41,82% para os galhos, 40,82% para o fuste, 40,09% para a casca, 39,98% para as raízes, e para o total utilizando uma média ponderada foi de 41,18%. Os resultados de biomassa seca e dos teores de carbono dentro dos compartimentos não foram afetados diretamente pelos ritmos de crescimento, sendo que as maiores diferenças foram detectadas entre os compartimentos. A produção de biomassa seca nos plantios das áreas de restauração variou de 15,9 t.ha<sup>-1</sup> na Fazenda Palmitalzinho (6 anos) a 221,5 t.ha<sup>-1</sup> na Fazenda Santa Águida (17 anos), e a produção em CO<sub>2</sub> foi de 24,1 t.ha<sup>-1</sup> a 333,7 t.ha<sup>-1</sup> para as mesmas fazendas. Os melhores modelos para estimativa da biomassa seca e carbono orgânico apresentaram coeficientes de determinação ajustado acima de 0,95 e erros padrões percentuais abaixo de 32%. A partir dos resultados deste estudo pôde-se concluir que houve variações no percentual de biomassa seca e nos teores de carbono entre os compartimentos, e que, a estratificação dos dados se mostrou eficiente, diminuindo os erros padrões de estimativa e aumentando os coeficientes de determinação ajustado para a maioria das estimativas.

Palavras chave: Restauração florestal, Biomassa, Seqüestro de carbono, Equações.



## ABSTRACT

The objective of the study was to quantify and modeling forest biomass and carbon stock by relating forest inventory variables to tree carbon weight in restoration forestry stands. For the carbon stock estimation in the restoration areas, a forest inventory was accomplished, through the establishment of 53 plots with size of 112 m<sup>2</sup> and 125 m<sup>2</sup>, resulting in a sample size of 8.28%. The data came from 107 trees planted during the period 1990-2001 located at Assis and Tarumã counties, São Paulo State, Southern Brazil. For the study, all the sample trees were measured at dbh and total height before harvesting. Each tree was felled and separated into five compartments: trunk, branches, foliage, bark and roots, whose fresh weight were obtained directly in the field though weighting in dynamometers. For each compartment a sample was taken in order to determine dry weight and the carbon content in the laboratory. The original data set was stratified for modeling development and fitting (n=107) for fast-growing species, (n=41) for medium growth, (n=23) for slow growing species, and (n=22) for trees below 10 cm dbh. The fitting process was carried out by test of 8 linear models selected from literature for each dependent variable, and 2 were obtained through the *Stepwise-Forward* method. The goodness of fitting of the models was evaluated by the adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ), standard error of estimate in percentage ( $Sy_x\%$ ) and graphical residual analysis. The dry biomass was bigger in the branches (38.7%), continued for trunk, roots, foliage and bark, with 28.8; 20.1; 7.2; 5.3%, respectively. The mean organic carbon contents in the plant tissues were: 42.5% for foliage, 41.82% for branches, 40.82% for the trunk, 40.09% for the bark, 39.98% for the roots, with a weighted average of 40.56%. The results of dry biomass and carbon content were not affected by the growth rate of the species, but remarkable differences were noticed among the biomass pools (compartments). The dry biomass stock in the stands ranged from 15.9 t.ha<sup>-1</sup> in the Palmitalzinho farm (6 years) to 221.5 t.ha<sup>-1</sup> in the Santa Águida farm (17 years), and in terms of carbon (CO<sub>2</sub>eq.) ranged from 24.1 t.ha<sup>-1</sup> to 333.7 t.ha<sup>-1</sup> for the same previously mentioned farms. The best models for estimating dry biomass and organic carbon stock showed coefficient of determination over 0.95 and standard errors below 32%. From the results it was concluded that dry biomass and carbon content varied among compartments, and that data stratification is necessary and efficient to diminish standard error of estimate and increasing the adjusted coefficient of determination in most cases.

Key words: Forest restoration, Biomass, Carbon stock, Equations.