

SERGIO VALIENGO VALERI

Exportação de Biomassa e Nutrientes de  
Povoamentos de *Pinus taeda* L. Desbastados  
em Diferentes Idades

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de "Doutor em Ciências Florestais".

CURITIBA

1988

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pelo candidato SERGIO VALIENGO VALERI, sob o título "EXPORTAÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES DE POVOAMENTOS DE PINUS TAEDA L. DESBASTADOS EM DIFERENTES IDADES ." para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração: SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Tese completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de DOUTOR EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Curitiba, 15 abril de 1988

Professor Dr. Fabio Poggiani  
Primeiro Examinador

Professor Ph.D. Nairam Felix de Barros  
Segundo Examinador

Doutor Rui Fernando Romero Monteiro  
Terceiro Examinador

Professor Dr. Carlos Bruno Reissmann  
Quarto Examinador

Professor Ph.D. Ronaldo Viana Soares  
Presidente da Comissão



## BIOGRAFIA

SERGIO VALIENGO VALERI, filho de Victório Valeri e Sarah Valiengo Valeri, nasceu a 18 de fevereiro de 1956 em São Paulo, Capital. Em 1978 concluiu o Curso de Graduação em Engenharia Florestal pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP). Em fevereiro de 1979 iniciou o Curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal - UNESP, tendo concluído em fevereiro de 1983, com a apresentação do trabalho de Dissertação intitulado: "Efeitos do fósforo e do cálcio no desenvolvimento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em um Regossolo", e obtido o grau de Mestre em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal. Em novembro de 1979, na FCAVJ-UNESP, iniciou suas atividades de professor da Disciplina de Silvicultura, na função de Auxiliar de Ensino e hoje exerce a função de Professor Assistente, lotado no Departamento de Horticultura. Possui trabalhos publicados na área de Silvicultura em Geral e na área específica de Nutrição Florestal. Em fevereiro de 1984, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura, a nível de Doutorado, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

À minha esposa

*MARLI*, pelo amor e ensinamentos  
recebidos

Ao meu filho

*GUILHERME*, pela convivência alegre  
e saudável

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof.Dr. Ronaldo Viana Soares, Orientador e amigo, pelas sugestões precisas na área de estatística, biomassa florestal e forma de apresentação deste trabalho.

Ao Prof.Dr. Carlos Bruno Reissmann, Co-Orientador, mestre e amigo, pela orientação na área de nutrição florestal.

Ao Prof.Dr. Arthur Santos Filho, Co-Orientador, mestre e amigo, pelo auxílio e orientação prestada nas análises químicas e classificação dos solos.

Ao Dr. Rui Fernando Romero Monteiro, Co-Orientador, pela acolhida amistosa no Centro de Pesquisa Florestal da KLABIN do Paraná Agro Florestal S.A., pelas sugestões, apoio e providências necessárias para a realização deste trabalho.

À KLABIN do Paraná Agro Florestal S.A., na pessoa de seu Gerente Florestal, Dr. Raul Mário Speltz, pelos recursos físicos e humanos oferecidos para a coleta de dados e material de campo.

À Marli, minha esposa, pela contribuição precisa na obtenção e realização de cálculos dos dados primários.

Ao Prof.Dr. Victório Valeri, meu pai, pelas sugestões na redação da Tese e revisão dos serviços de datilografia, além de tudo que me ofereceu nesta vida, junto à minha mãe.

À Srta. Mariza Bonafim, pelos serviços de datilografia.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE TABELAS</u> .....	viii
<u>LISTA DE FIGURAS</u> .....	xv
<u>RESUMO</u> .....	01
1 <u>INTRODUÇÃO</u> .....	03
2 <u>OBJETIVOS</u> .....	05
3 <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> .....	06
3.1 ESTIMATIVA DA FITOMASSA.....	06
3.2 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE FITOMASSA...	08
3.3 CONTEÚDO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM PO- VOAMENTOS FLORESTAIS.....	13
3.4 EFEITOS DA EXPLORAÇÃO INTENSIVA NA CICLAGEM DE NUTRIENTES.....	20
4 <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> .....	26
4.1 LOCALIZAÇÃO.....	26
4.2 GEOLOGIA.....	26
4.3 CLIMA.....	26
4.4 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA.....	27
4.5 POVOAMENTOS E ÁREAS DE AMOSTRAGEM.....	27
4.6 SOLOS.....	30
4.6.1 Amostragem.....	30
4.6.2 Análises físicas e químicas.....	31
4.6.3 Classificação.....	31

	Página
4.7	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES..... 33
4.8	DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES A SEREM AMOSTRADAS..... 33
4.9	MARCAÇÃO DAS ÁRVORES A SEREM DESBASTADAS..... 35
4.10	COMPONENTES DAS ÁRVORES..... 36
4.10.1	Amostragem..... 36
4.10.2	Peso de matéria seca..... 38
4.10.3	Escolha das variáveis independentes e equa- ções estimadoras do peso de matéria seca... 39
4.10.4	Análises químicas..... 41
4.10.5	Pesos de matéria seca e nutrientes por hec- tare..... 43
4.11	COMPONENTES DA MANTA ORGÂNICA..... 45
4.11.1	Caracterização dos horizontes orgânicos.... 45
4.11.2	Amostragem..... 46
4.11.3	Frequência, peso de matéria seca e tamanho mínimo da amostra..... 49
4.11.4	Análises químicas..... 50
4.11.5	Pesos de matéria seca e nutrientes por hec- tare..... 51
4.12	EXPORTAÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES..... 52
5	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> ..... 53
5.1	SOLOS..... 53
5.1.1	Resultados analíticos e classificação dos perfis..... 53
5.1.2	Fertilidade..... 61
5.2	CRESCIMENTO DAS ÁRVORES..... 63

5.3	NÚMERO DE ÁRVORES EXISTENTES, RETIRADAS E REMANESCENTES POR CLASSE DE DIÂMETRO.....	66
5.4	DADOS DENDROMÉTRICOS DAS ÁRVORES AMOSTRADAS..	66
5.5	COMPONENTES DAS ÁRVORES.....	71
5.5.1	Umidade.....	71
5.5.2	Estimativa do peso de matéria seca.....	71
5.5.2.1	Copa viva.....	79
5.5.2.2	Ramos mortos.....	84
5.5.2.3	Casca.....	89
5.5.2.4	Madeira.....	93
5.5.3	Teores de nutrientes.....	99
5.5.4	Peso de matéria seca e nutrientes por hectare.....	112
5.6	COMPONENTES DA MANTA ORGÂNICA.....	123
5.6.1	Frequência, peso de matéria seca por parcela e tamanho mínimo da amostra.....	123
5.6.2	pH e teores de nutrientes.....	125
5.6.3	Pesos de matéria seca e nutrientes por hectare.....	133
5.7	EXPORTAÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES.....	137
6	<u>CONCLUSÕES</u> .....	144
	<u>APÊNDICE</u> .....	148
	<u>SUMMARY</u> .....	155
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> .....	157

LISTA DE TABELAS

	Página
01. DADOS CLIMÁTICOS DA FAZENDA MONTE ALEGRE. MÉDIAS MENSIS DE 1981 A 1985.....	28
02. DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DA FAZENDA MONTE ALEGRE DURANTE O PERÍODO DE AMOSTRAGEM DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES E DE MANTA ORGÂNICA (JUNHO A SETEMBRO DE 1985).....	28
03. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 1: TERRA ROXA ESTRUTURADA Tb DISTRÓFICA.....	55
04. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 2: PODZÓLICO VERMELHO ESCURO Tb ÁLICO/DISTRÓFICO.....	57
05. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 3: PODZÓLICO VERMELHO ESCURO Tb ÁLICO/DISTRÓFICO.....	60
06. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 4: PODZÓLICO VERMELHO ESCURO LATOSSÓLICO Tb ÁLICO/DISTRÓFICO.....	62
07. CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA DE FERTILIDADE DOS SOLOS A 0-10 cm DE PROFUNDIDADE DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES E DE MANTA ORGÂNICA DOS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	64
08. ALTURA MÉDIA DAS PRIMEIRAS ÁRVORES ( $\bar{H}_{12}$ ) E DAS 5 ÁRVORES DOMINANTES ( $\bar{H}_{5D}$ ), BEM COMO NÚMERO DE ÁRVORES (N), DIÂMETRO MÉDIO DE TODAS ELAS ( $\overline{DAP}$ ) E ÁREA BASAL (AB), POR PARCELA <sup>(1)</sup> , DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	65

09.	NÚMERO DE ÁRVORES EXISTENTES, RETIRADAS E REMANESCENTES, POR CLASSE DE DIÂMETRO (DAP), DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM DOS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	67
10.	DIÂMETRO (DAP), ALTURA TOTAL (H), ALTURA COMERCIAL (Hc) E COMPRIMENTO DA COPA VIVA (Cv) DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> AMOSTRADAS NO 1º DESBASTE (7 ANOS)....	68
11.	DIÂMETRO (DAP), ALTURA TOTAL (H), ALTURA COMERCIAL (Hc) E COMPRIMENTO DA COPA VIVA (Cv) DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> AMOSTRADAS NO 2º DESBASTE (10 ANOS)...	69
12.	DIÂMETRO (DAP), ALTURA TOTAL (H), ALTURA COMERCIAL (Hc) E COMPRIMENTO DA COPA VIVA (Cv) DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> AMOSTRADAS NO 3º DESBASTE (14 ANOS)...	70
13.	NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS, POR CLASSE DE DAP, DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	71
14.	TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS).....	149
15.	TEOR DE UMIDADE, (%) EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS).....	150
16.	TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS).....	151
17.	TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS).....	152
18.	TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS).....	153

19.	TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS).....	154
20.	PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS)...	72
21.	PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS).....	73
22.	PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS)..	74
23.	PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS).....	75
24.	PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS)..	76
25.	PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS).....	77
26.	PESO MÉDIO DE MATÉRIA SECA (kg) E TAMANHO MÍNIMO DA AMOSTRA (n) DA CASCA E MADEIRA DO PONTEIRO DAS ÁRVORES AMOSTRADAS DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	79
27.	EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DA COPA VIVA DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL.....	80

28. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DA COPA VIVA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL..... 81
29. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DA COPA VIVA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL..... 82
30. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS RAMOS MORTOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL..... 85
31. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS RAMOS MORTOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL..... 86
32. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS RAMOS MORTOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL..... 87
33. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA CASCA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL..... 90

34.	EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA CASCA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL.....	91
35.	EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA CASCA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL.....	92
36.	EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA MADEIRA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL.....	94
37.	EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA MADEIRA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL.....	95
38.	EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DA MATÉRIA SECA DA MADEIRA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL.....	96
39.	TEORES DE NUTRIENTES DAS ACÍCULAS DO SEGUNDO VERTICULO SUPERIOR DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	99
40.	TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS).	100

41.	TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 1º DESBASTE (7 ANOS).....	101
42.	TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS).....	102
43.	TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 2º DESBASTE (10 ANOS).....	103
44.	TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS).....	104
45.	TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NO 3º DESBASTE (14 ANOS).....	105
46.	PESOS (kg/ha) DE MATÉRIA SECA, N E P DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	113
47.	PESOS (kg/ha) DE K, Ca E Mg DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	114
48.	PESOS (g/ha) DE Fe E Mn DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	115
49.	PESOS (g/ha) DE Cu, Zn E B DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	116

50.	FREQUÊNCIA PERCENTUAL, PESO MÉDIO DE MATÉRIA SECA E TAMANHO MÍNIMO DA AMOSTRA DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	124
51.	VALORES DE pH DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA, EM H <sub>2</sub> O EM CaCl <sub>2</sub> 0,01 M, SOB OS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	126
52.	TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	127
53.	TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	128
54.	PESO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES (kg/ha) DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	134
55.	PESO DE MICRONUTRIENTES (g/ha) DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS).....	135
56.	PESOS DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EXPORTADOS COM A RETIRADA DA MADEIRA COMERCIAL COM CASCA DOS POVOAMENTOS DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).....	137

LISTA DE FIGURAS

	Página
01. DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA SECA E NUTRIENTES (EM % DO PESO TOTAL) DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES EXISTENTES DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES...	121
02. DISTRIBUIÇÃO DE MATÉRIA SECA, N, P, E K (EM % DO PESO TOTAL) NO MATERIAL RETIRADO E REMANESCENTE DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES.....	138
03. DISTRIBUIÇÃO DE Ca, Mg, Fe E Mn (EM % DO PESO TOTAL) NO MATERIAL RETIRADO E REMANESCENTE DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES.....	139
04. DISTRIBUIÇÃO DE Cu, Zn E B (EM % DO PESO TOTAL) NO MATERIAL RETIRADO E REMANESCENTE DE <i>P. taeda</i> NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES.....	140

## RESUMO

Três povoamentos de *Pinus taeda* L., por ocasião do 1º, 2º e 3º desbaste, com 7, 10 e 14 anos de idade, respectivamente, foram amostrados no período de junho a setembro de 1985 para determinar o peso de matéria seca e de nutrientes dos componentes da parte aérea das árvores retiradas e remanescentes e dos componentes da manta orgânica florestal (horizonte orgânico).

Foram abatidas 51, 39 e 25 árvores nos povoamentos de 1º, 2º e 3º desbaste, respectivamente, abrangendo toda a variação do diâmetro a altura do peito (DAP) das árvores. Foram desenvolvidas equações de regressão em função do DAP para estimar o peso de matéria seca dos componentes vivos das árvores. Sob o povoamento de 1º desbaste, foram utilizadas 60 parcelas de 0,25 m<sup>2</sup>, distribuídas ao acaso, para amostrar a manta orgânica. Em cada um dos demais povoamentos foram utilizadas 180 parcelas.

Antes dos desbastes, nos povoamentos de 7, 10 e 14 anos, que apresentaram 2.062, 1.240 e 731 árvores/ha, foram estimadas 72,7, 145,9 e 183,8 t/ha de biomassa da parte aérea das árvores, respectivamente. Os pesos de nutrientes da biomassa da parte aérea oscilaram entre 413 g/ha de Cu no povoamento de 7 anos até 422,5 kg/ha de N no povoamento de 14 anos.

Os pesos de biomassa da manta orgânica foram de 7,7, 19,7 e 24,3 t/ha, respectivamente nos povoamentos de 7, 10 e 14 anos. Os pesos de nutrientes da manta orgânica variaram de 34 g/ha de Cu no povoamento de 7 anos a 185 kg/ha de N no povoamento de 14 anos.

As exportações de biomassa, com a retirada da madeira e casca do fuste de 38,4, 40,7 e 39,3% das árvores existentes, respectivamente no 1º, 2º e 3º desbaste, foram de 11, 36 e 49 t/ha, equivalentes a 14, 22 e 24% do peso total da bio-

massa estimada acima do solo mineral. Juntamente com a retirada da madeira e casca dos talhões, foram exportados desde 50 g/ha de Cu no 1º desbaste até 58,3 kg/ha de N no 3º desbaste.

Os ramos e acículas, como resíduos da operação de desbaste, pesaram cerca de 7, 10 e 12 t/ha, equivalentes a 9, 7 e 5% do peso total de biomassa estimada acima do solo mineral nos povoamentos de 1º, 2º e 3º desbaste, respectivamente. Estes resíduos apresentaram desde 2% de Fe até 16% de N e K, em relação ao peso total estimado acima do solo mineral. A permanência destes resíduos no sistema florestal é de grande importância para a ciclagem dos nutrientes, principalmente para a do K.

## 1 INTRODUÇÃO

O *Pinus taeda* L. é a principal espécie de árvore comercial do sul dos Estados Unidos da América. Na região de Telêmaco Borba - Paranã, é a espécie do gênero *Pinus* mais plantada pela Klabin do Paranã Agro-Florestal S/A.

Para atender a crescente demanda de madeira nos últimos anos, as florestas vêm sendo manejadas intensivamente com o intuito de aumentar a produção e reduzir o período da rotação. Para isso, são tomadas medidas para incrementar a fertilidade do solo e desenvolvidos programas de melhoramento genético. As espécies de rápido crescimento são prioritárias nos projetos de reflorestamento. Além deste aspecto, também é crescente o interesse em utilizar os resíduos da exploração florestal, principalmente para substituir o óleo combustível nas caldeiras das indústrias.

Nos povoamentos de *Pinus* spp, os resíduos podem ser removidos dos talhões nas operações de desbaste e corte final. O uso racional dos resíduos dependerá de um eficiente inventário de biomassa dos componentes das árvores e que deverá ser realizado periodicamente ao longo da rotação. Juntamente com o inventário de biomassa, devem ser quantificados os nutrientes dos diferentes componentes do sistema florestal ou seja, solo, componentes das árvores e material orgânico sobre o solo mineral.

Em povoamentos de *Pinus* spp com mais de 20 anos, o peso de matéria seca dos resíduos, ou seja, acículas, ramos e casca, é bem inferior ao da madeira. No entanto, como a concentração de nutrientes é relativamente alta nos resíduos, estes chegam a apresentar de 30 a 50% dos nutrientes contidos na parte aérea das árvores. Quanto mais jovem é o povoamento, maior é a proporção de matéria seca e nutrientes acumulados nos resíduos, em relação ao peso total da parte aérea das árvores.

Quando a exploração florestal se limita à madeira comercial, os resíduos deixados no campo têm um papel de adubo orgânico. Estes resíduos, ao se decomporem, devolvem os nutrientes ao solo e parte dos mesmos são absorvidos novamente pelas árvores, promovendo a ciclagem de nutrientes. Em determinados sítios e para determinados nutrientes, essa ciclagem pode ser adequada para sustentar o crescimento das árvores. Porém, quando além da madeira comercial os resíduos são explorados, a exportação de nutrientes é intensa e nas rotações futuras alguns nutrientes podem tornar-se deficientes ao ponto da fertilização ser necessária para manter a produção.

O conhecimento da quantidade de nutrientes exportados e remanescentes nas operações de exploração florestal é importante para o planejamento do manejo que visa garantir a fertilidade do solo nas rotações subsequentes.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo principal do presente trabalho foi estimar a quantidade de biomassa e nutrientes exportados e remanescentes de três povoamentos de *Pinus taeda* L., por ocasião do 1º, 2º e 3º desbaste. Para se chegar a este objetivo foram desenvolvidas as seguintes etapas:

- a) classificação e caracterização dos solos dos diferentes sítios;
- b) avaliação do crescimento das árvores;
- c) determinação de equações de regressão estimadoras do peso de matéria seca dos componentes da parte aérea das árvores em função de parâmetros dendrométricos;
- d) análise química dos diferentes componentes das árvores e
- e) estimativa da quantidade de biomassa e nutrientes dos componentes da manta orgânica.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ESTIMATIVA DA FITOMASSA

A estimativa da fitomassa é necessária para avaliar a capacidade produtiva do sítio, produção de fibras e alimentos, reserva de combustível, ciclagem de nutrientes e também interceptação da água da chuva e da radiação solar (BROWN<sup>15</sup>, SAUCIER<sup>58</sup>).

De acordo com VAN LEAR *et alii*, uma estimativa precisa do capital de nutrientes de um povoamento florestal depende em grande parte de uma avaliação correta do peso de matéria seca<sup>70</sup>.

ALEMDAG elaborou um manual de coleta e processamento de dados para estimar a fitomassa de florestas naturais e implantadas. As variáveis independentes com as quais os valores de peso de matéria seca dos componentes das árvores se correlacionam são: DAP (diâmetro a 1,30 m do nível do solo), H (altura total da árvore), idade, qualidade de sítio, densidade e volume. As variáveis de medida de fotossíntese, como comprimento total da copa ou área da copa, podem ser incluídas. O procedimento de coleta de dados foi elaborado pelo autor para desenvolver equações estimadoras do peso de matéria seca, tabelas de volume e converter dados de inventário volumétrico em peso de matéria seca. A amostragem pode ser feita em parcelas ou não. No primeiro caso, em cada parcela de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m) e para cada espécie, a seleção de

árvores deve cobrir toda a variação das classes de diâmetro e dentro de cada classe de diâmetro, toda a variação de altura. Só assim, poderá ser construída uma tabela de peso de matéria seca. Se não forem usadas parcelas, as árvores devem ser selecionadas de áreas homogêneas quanto à espécie, idade, qualidade de sítio e densidade.<sup>2</sup>

SATOO descreve uma metodologia geral para estimar a biomassa florestal, onde a amostragem é normalmente realizada em parcelas para representar o povoamento florestal. O autor relata também resultados de experimentos que testaram metodologias diferentes de amostragem. É interessante ressaltar que dentro da parcela de amostragem existe alta correlação entre DAP, altura e peso de matéria seca das árvores. Isto dá a entender que o procedimento mais eficiente para as medições é medir o DAP de todas as árvores, a altura e o peso de matéria seca de sub-amostras. Através de regressão, estima-se a altura e o peso de matéria seca de todas as árvores da parcela. Também está incluída a avaliação da manta orgânica, a estimativa da produção líquida e bruta da biomassa florestal.<sup>57</sup>

Segundo SAUCIER, existe uma tendência de utilizar-se o processo de amostras ao acaso estratificadas, com distribuição constante através das diferentes classes de diâmetro. O tamanho da amostra é geralmente de 20 a 40 árvores.<sup>58</sup> Segundo YOUNG & CARPENTER, pelo menos três árvores devem ser amostradas por classe de diâmetro para se calcular o erro de estimativa.<sup>80</sup> ALEMDAG recomenda abater no mínimo quatro árvores por classe de diâmetro com intervalo de 5 cm para proporcionar equações estimadoras do peso de matéria seca dos com-

ponents das árvores.<sup>2</sup>

A variável DAP é a mais simples de ser obtida para estimar o peso de matéria seca de componentes das árvores. CASTRO *et alii*<sup>18</sup>, PINHEIRO<sup>51</sup> e VAN LEAR *et alii*<sup>70</sup> estimaram o peso de matéria seca em função do DAP com precisões bastante aceitáveis. O modelo polinomial baseado em DAP, DAP<sup>2</sup> e DAP<sup>3</sup>, testado por SINGH, promoveu valores de R<sup>2</sup> variando de 0,96 a 0,99 para estimar o peso de matéria seca total da parte aérea de várias espécies do Canadá. Este trabalho indica que a biomassa da árvore pode ser estimada fundamentalmente como uma função do DAP. A adição de H e DAP<sup>2</sup>H promoveu um pequeno aumento de ajuste com valores de R<sup>2</sup> variando também de 0,96 a 0,99.<sup>60</sup>

HEPP & BRISTER constataram que (Cv/H x 100), onde Cv é comprimento da copa e H altura total da árvore, é a melhor variável independente a ser utilizada conjuntamente com o DAP para estimar o peso de matéria seca de copa de *P. taeda* com 10 anos de idade.<sup>27</sup>

BROWN também observou alta correlação entre a variável independente DAP e o peso de copa viva e morta de 11 espécies florestais. Entretanto, para a maioria delas, a adição de H, comprimento da copa e especialmente a razão de copa (Cv/H) x 10 nas equações estimadoras de peso de copa viva ou morta aumentou bastante a precisão. O autor verificou ainda que o peso da folhagem e dos ramos de diferentes classes de diâmetro apresentaram alta correlação com o diâmetro basal do ramo para quase todas as espécies estudadas.<sup>15</sup>

### 3.2 FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE FITOMASSA

Com base em SATOO, as diferenças de quantidade de fito-

massa que existem entre povoamentos florestais são resultantes da combinação de diferentes fatores. O autor mostra através de ilustrações que a fitomassa total não está diretamente correlacionada com a taxa de produção de matéria seca mas é primeiramente uma função da idade do povoamento. O autor cita trabalhos que mostram efeitos da densidade, qualidade de sítio e altitude na quantidade de fitomassa total de povoamentos florestais. Os pesos de matéria seca dos componentes das árvores são analisados separadamente pelo autor, pois eles variam distintamente em função das diferentes condições dos povoamentos florestais. O peso da madeira comercial mostra relação com os mesmos fatores ambientais e silviculturais que interagem na produção de volume de madeira comercial, tradicionalmente analisados em estudos florestais, dentre eles, a idade e a densidade do povoamento e a quantidade do sítio onde se encontra. São vários os fatores que afetam a produção de matéria seca dos ramos. Os ramos novos são formados anualmente e parte dos ramos velhos morrem. Alguns ramos mortos caem ao solo e outros permanecem retidos nas árvores. A taxa de queda dos ramos varia entre espécies florestais. Sendo assim, torna-se difícil estimar a biomassa de ramos com alta precisão (como também afirmam POPE & GRANEY<sup>53</sup>). Com relação às folhas, o autor cita vários trabalhos que analisaram efeitos de idade, região geográfica, posição no declive, altitude, qualidade do sítio, densidade do povoamento, regime florestal, variação genética, ano de amostragem, poluição atmosférica e estação do ano. Cabe ressaltar que a biomassa das folhas aumenta com o incremento da biomassa total da árvore quando esta é pequena e torna-se independente da biomassa total da par-

te aérea quando esta é grande. O autor conclui que nos trabalhos de estimativa de biomassa florestal são indispensáveis as informações de local, idade, área basal, altura padrão, densidade e época de amostragem.<sup>57</sup>

POPE, citado por SATOO, observou que a variação genética de *P. taeda*, determinada por quatro fontes diferentes de sementes, afetou o peso de matéria seca das acículas. Os pesos referentes às duas fontes mais produtivas foram cerca de duas vezes mais altos do que os pesos referentes às duas menos produtivas.<sup>57</sup> POPE & GRANEY também observaram que diferentes fontes de sementes de *P. taeda* com 11 anos de idade afetaram o peso de matéria seca total da parte aérea das árvores. A fonte de maior produção proporcionou 113,5 t/ha e a de menor produção proporcionou 66,5 t/ha. A diferença de peso de matéria seca total da parte aérea entre as fontes resultou principalmente das diferenças de peso de matéria seca do caule e dos ramos. Parece que a forma cônica do caule é afetada pelo genótipo e pode influenciar a produção de peso de matéria seca da madeira comercializável. Em povoamentos de densidade apropriada, idade intermediária e condições similares de idade e qualidade de sítio, o genótipo aparentemente influencia pouco a distribuição relativa do peso de matéria seca nos componentes das árvores. Essa distribuição parece ser mais uma função da idade do povoamento e do espaçamento do que do genótipo.<sup>53</sup>

Diferentes intensidades de desbaste foram aplicadas em um povoamento de *P. radiata* com 15 anos de idade. SIEMON *et*

<sup>57</sup>POPE, P.E. The effect of genotype on biomass and nutrient content in 11-year-old loblolly pine plantation. *Can. J. For. Res.*, 9: 224-30.

*alii*, analisando os dados deste experimento oito anos após, verificaram que a densidade do povoamento, expressa em área basal, afetou o peso de matéria seca das acículas. No povoamento de 15 m<sup>2</sup>/ha o peso médio foi de 4,9 t/ha e no povoamento de 46 m<sup>2</sup>/ha o peso médio foi de 11,3 t/ha. As acículas de 1 e 2 anos de idade representaram uma média de 73% do peso de matéria seca total das acículas da copa das árvores em todos os regimes de desbaste. As proporções das acículas de diferentes classes de idade (1, 2 e 3 anos) na copa das árvores foram independentes dos regimes de desbaste. Consequentemente, parece mais provável que em povoamentos que sofreram desbastes pesados as copas das árvores não tenham utilizado totalmente o sítio.<sup>59</sup>

MADGWICK & KREH estimaram a produção de biomassa de 10 povoamentos de *P. taeda* de diferentes idades, densidades e índices de sítio. Observaram que o peso de matéria seca do caule aumentou proporcionalmente com o incremento do seu volume cilíndrico (área basal x altura, m<sup>3</sup>/ha). O peso de matéria seca dos ramos vivos diminuiu com o aumento da densidade do povoamento. O peso de matéria seca das acículas com um ano de idade aumentou com o incremento da densidade e qualidade de sítio.<sup>41</sup>

HEPP & BRISTER, analisando a biomassa da copa de *P. taeda* em povoamentos de 10 a 27 anos, constataram que o peso por unidade de área da copa total aumentou durante o período de 12 a 20 anos de idade e depois o incremento do peso começou a diminuir. Tendência semelhante foi observada com o peso de matéria seca dos ramos. Tanto o peso de matéria seca da copa total como o dos ramos foi mais alto nos sítios de me-

lhor qualidade. O peso de matéria seca das acículas tendeu a permanecer constante com o aumento da idade e do índice de qualidade de sítio. Os resultados obtidos pelos autores suportam a tese de que o aumento do crescimento do caule e da copa em sítios de melhor qualidade é dada pela maior eficiência fotossintética de uma massa foliar relativamente estática. Eles constataram que a proporção da biomassa da copa em relação à biomassa total da parte aérea é menor em sítios de melhor qualidade.<sup>27</sup>

ALEMDAG & STIELL estudaram os efeitos de idades diferentes (27 a 54 anos) e de espaçamentos de plantio variando de 1,52 x 1,52 m até 4,27 x 4,27 m na produção de matéria seca dos componentes da parte aérea das árvores de *P. resinosa*. Aos 27 anos de idade, o peso de matéria seca total da parte aérea foi de 190,6 t/ha no povoamento de espaçamento mais apertado e de 92,8 t/ha no povoamento mais aberto. Os pesos de matéria seca de madeira e casca do caule, bem como dos ramos mortos e dos ramos vivos finos com acículas também diminuíram com o aumento do espaçamento. O inverso ocorreu para os ramos vivos mais espessos. O peso de matéria seca total da parte aérea aumentou com a idade, alcançando 299,4 t/ha aos 53 anos. Isto se deve ao aumento de peso de matéria seca da madeira e casca do caule com a idade. O peso de matéria seca dos ramos vivos finos com acículas decresceu com a idade e o dos ramos vivos espessos não apresentou tendência clara. A proporção relativa do peso de matéria seca do caule aumentou com a idade, enquanto que a proporção dos ramos vivos finos com acículas e dos ramos vivos espessos decresceu e a da casca variou pouco com a idade.<sup>3</sup>

Os nutrientes são elementos responsáveis pela qualidade do sítio e a disponibilidade dos mesmos afeta o crescimento e produção de matéria seca das árvores. McNAB & BERRY estudaram o efeito da aplicação de 34 t/ha de um adubo orgânico (sedimento de esgoto seco), contendo 48,9% de matéria orgânica, além de macro e micronutrientes e 896 kg/ha de N-P-K, 10-10-10 e 1.417 kg/ha de CaO no plantio de *P. taeda*, *P. echinata* e *P. virginiana*. Para as espécies de *P. taeda* e *P. virginiana*, a biomassa total estimada da parte aérea das árvores foi mais do que três vezes superior nas parcelas que receberam adubação orgânica do que nas que receberam apenas N-P-K. Com relação à distribuição relativa da biomassa, as árvores adubadas com matéria orgânica apresentaram 8% a mais de madeira e proporcionalmente menos acículas, em relação ao peso total da parte aérea, do que as árvores que receberam fertilizantes minerais.<sup>45</sup>

### 3.3 CONTEÚDO DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EM POVOAMENTOS FLORESTAIS

SMITH *et alii* verificaram que o peso de matéria seca das acículas do povoamento de *P. taeda* dobrou do quinto para o sexto ano de idade. Praticamente metade da biomassa das acículas produzidas anualmente substituíram as acículas perdidas. As acículas de primeiro lançamento acumularam a maior parte do peso de matéria seca total das acículas aos 5 anos de idade. As acículas e o caule foram os componentes das árvores que mais acumularam peso de matéria seca durante os 5 anos. A taxa de acumulação anual de N para o povoamento durante os 4 anos iniciais foi de 9,5 kg/ha e no 5º ano foi de

34,1 kg/ha. O povoamento aos 5 anos de idade apresentou na parte aérea 15,7 t/ha de peso de matéria seca e 71,6 kg/ha de N. O trabalho indica que a acumulação anual parece ser maior na primeira década de desenvolvimento do povoamento e é justamente neste período que o mesmo deve estar bem suprido de nutrientes.<sup>61</sup>

SWITZER & NELSON constataram que durante o período dos primeiros meses após plantio até o vigésimo ano de idade de povoamentos de *P. taeda*, o peso de matéria seca estimado acima do solo mineral aumentou 10 vezes e as quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S aumentaram cerca de 4, 4, 11, 7, 5 e 3 vezes, respectivamente. Aos 20 anos, com aproximadamente 1.000 árvores/ha, o peso de matéria seca da parte aérea das árvores foi de aproximadamente 90 t/ha e o da manta orgânica foi de 15 t/ha. As quantidades aproximadas de N, P, K, Ca, Mg e S presentes na parte aérea das árvores foram de 174, 19, 98, 90, 24 e 13 kg/ha, e as quantidades na manta orgânica foram de 124, 9, 16, 80, 15 e 10 kg/ha, respectivamente. A porcentagem de nutrientes reciclados, em relação ao total estimado no sistema, para atender as exigências anuais das árvores durante o período de 20 anos, parece ser pequena, variando de 7% para o Ca até 28% para o K.<sup>66</sup>

MADGWICK *et alii* verificaram que a produção anual líquida do peso de matéria seca da parte aérea das árvores de *P. radiata* foi de aproximadamente 14,4 t/ha/ano durante os primeiros 22 anos de crescimento. A produção bruta foi estimada entre 22 a 25 t/ha/ano durante o período inicial de fechamento do dossel após o plantio e após o desbaste realizado aos 8 anos de idade. Os autores estimaram que o desbaste pe-

sado, reduzindo o número de árvores de 1.507 para 544 árvores/ha, juntamente com poda alta, deve ter transferido cerca de 55% do peso total dos nutrientes da parte aérea das árvores para a manta orgânica. O total transferido deve ter sido similar àquele resultante da exploração final aos 22 anos. Nesta idade, os autores estimaram um peso total da parte aérea das árvores de 315,9 t/ha, sendo que a madeira representou 77% desse valor total e continha cerca de 20% de N e P, 40% de K e 50% de Mg, Ca, Mn e Zn, em relação ao peso total.<sup>40</sup>

CASTRO *et alii* estimaram que o povoamento de *P. oocarpa* aos 18 anos de idade produziu cerca de 172 t/ha de peso de matéria seca total da parte aérea das árvores. A distribuição desse peso total foi de 14% na copa, 13% na casca e 73% na madeira do fuste. A distribuição conjunta dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn) foi de 37% na copa, 15% na casca e 48% na madeira do fuste, em relação ao peso total.<sup>18</sup>

WEBBER & MADGWICK constataram que um povoamento de *P. radiata* com 29 anos de idade, apresentando 360 árvores/ha, apresentou cerca de 426 t/ha de peso de matéria seca total da parte aérea das árvores, das quais 20% foram representadas pelas acículas, galhos, casca e cones e 79% pelo caule. Estimaram que em relação ao peso total dos nutrientes da parte aérea das árvores, 18% dos nutrientes (N, P, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Al) estavam concentrados nas acículas, 20% nos galhos, 3% nos cones, 17% na casca e 42% na madeira.<sup>75</sup>

POGGIANI avaliou a produção de biomassa e o balanço nutricional em povoamentos de *Eucalyptus saligna* e *P. caribaea* v. *honduransis*. Durante um período de três anos, verificou-se que a deposição anual de matéria seca de folheto sobre o solo no

talhão de *E. saligna* foi de aproximadamente 4,5 t/ha e no talhão de *P. caribaea* foi de 8,4 t/ha. A biomassa do talhão de *E. saligna*, aos 11 anos de idade, foi avaliada em 186 t/ha, contendo 219 kg de N, 58 kg de P, 190 kg de K, 954 kg de Ca e 81 kg de Mg. O talhão de *P. caribaea*, com 14 anos, apresentou 153,6 t/ha de biomassa, contendo 304 kg de N, 16,2 kg de P, 150,6 kg de K, 103,7 kg de Ca e 34 g de Mg. O acúmulo de folheto na manta orgânica foi de cerca de 7,9 t/ha no talhão de *E. saligna* e de 20,2 t/ha no talhão de *P. caribaea*, respectivamente, aos 11 e 14 anos de idade.<sup>52</sup>

A importância da manta orgânica no crescimento das árvores de *P. taeda* foi demonstrada, já em 1925, através do trabalho de COPE, citado por LUTZ & CHANDLER. O autor verificou num povoamento de *P. taeda*, com 55 anos de idade, que a remoção da manta orgânica, durante um período de vários anos, resultou numa diminuição no crescimento em altura das árvores e no volume de madeira produzido.<sup>38</sup>

METZ subdividiu a manta orgânica depositada sob um povoamento de *P. taeda* aos 12 anos de idade em dois subhorizontes orgânicos. O subhorizonte L ("litter") apresentou 5,2 t/ha e o subhorizonte F (fermentação) apresentou 9,3 t/ha, totalizando 14,5 t/ha de matéria seca. Um povoamento misto de *P. taeda* com *P. echinata* aos 25 anos apresentou 4,6 t/ha de matéria seca no subhorizonte L e 14,1 t/ha no subhorizonte F, dando um total de 18,7 t/ha. O subhorizonte H (húmus), num povoamento de *P. echinata* com 40 anos de idade, pesava 13,2 t/ha. Sob este povoamento, o peso total de matéria seca da manta orgânica foi

<sup>38</sup>COPE, J.A. *Loblolly pine in Maryland*, 2.ed, University of Maryland, State Dept. of Forestry, 1925. Vii + 96pp.

de 26,1 t/ha. O autor também estimou o peso de manta orgânica sob povoamentos de folhosas, concluindo que sob os povoamentos de pinus a quantidade manta orgânica é maior do que sob os de folhosas. Observou ainda que a decomposição da manta orgânica é mais rápida sob os povoamentos de folhosas.<sup>46</sup>

Segundo BRENDER & WILLIAMS, o acúmulo de manta orgânica sob o povoamento de *P. taeda* aumentou até a idade de 23 anos. Os autores estimaram que o equilíbrio do peso de matéria seca da manta deve atingir em torno de 19 t/ha aos 35 anos, nas condições do estudo.<sup>14</sup>

BRAY & GORHAM, citados por PRITCHETT, apontam que a taxa de acumulação de manta orgânica sob povoamentos de coníferas e folhosas em regiões de clima frio e temperado varia em torno de 2,0 a 6,0 t/ha/ano. Por outro lado, em florestas de clima úmido e tropical, a taxa é acima de 12 t/ha/ano. Entretanto, com base em OLSON, também citado por PRITCHETT, a decomposição da matéria orgânica é muito rápida em florestas tropicais e conseqüentemente a quantidade acumulada de manta orgânica nestas florestas não é muito grande, exceto em sítios muito úmidos.<sup>54</sup>

Segundo PRITCHETT, a quantidade e características da manta orgânica dependem da taxa de decomposição. Esta é influenciada pelas naturezas físicas e químicas do material orgânico recém caído, da aeração, temperatura, e condições de umidade sobre o solo, do tipo e abundância de microflora e

<sup>54</sup>BRAY, J.R. & GORHAM, E. Litter productin in forests of the world. In: CRAGG, J.B. *Advance ecologic research*. 2.ed. New York, Academic Press, 1964. p.101-57.

<sup>54</sup>OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44:322-31, 1963.

fauna, bem como dos fatores que governam a atividade dos organismos. A constituição química do material orgânico que compõe a manta orgânica varia em função do tipo de órgão da planta, da espécie, idade do material e do solo onde foi produzido. Geralmente as acículas apresentam teores mais elevados de nutrientes, vindo em seguida a casca, os ramos e por último a madeira.<sup>54</sup>

LANE observou que a conversão de povoamentos de folhosas para povoamentos de *P. taeda* provocou pequenas diferenças nos teores de P, K, Ca, Mg e nas populações de actinomicetos, bactérias, fungos e nematóides do solo a 0-15 cm de profundidade, durante os primeiros 7 anos após a conversão. O peso de manta orgânica decresceu para 9,1 t/ha (54% da testemunha) três anos após a conversão, mas aumentou para 18,4 t/ha (90% da testemunha) após sete anos. A testemunha representou os povoamentos de folhosas sem distúrbios. Ele concluiu que nenhuma vez durante esse período a manta orgânica foi decomposta suficientemente para deixar o solo desprotegido e não houve processo de erosão.<sup>33</sup>

HOUCH estimou o peso de matéria seca e de nutrientes em povoamentos de *P. palustris* com vegetação de sub-bosque composta por *Serenoa repens* (palmetto) e *Ilex glabra* (galberry). As idades dos povoamentos variaram de 16 a 62 anos. Os pesos médios de matéria seca foram de aproximadamente 18,7 t/ha de manta orgânica, 10,5 t de vegetação rasteira, 5,6 t/ha de rizomas de *Serenoa repens* e 78,6 t/ha da parte aérea das árvores de *P. palustris*, totalizando 113,3 t/ha. Os pesos totais de nutrientes na fitomassa acima do solo mineral variaram entre 355,8 kg/ha de N a 0,36 kg/ha de Cu. O N, P, Fe, Mn, B,

Cu e Al acumularam-se mais na manta orgânica do que nos demais tipos de material vegetal, apresentando 146,9, 10,6, 10,0, 1,7, 0,35, 0,08 e 14,2 kg/ha, respectivamente. Verificou-se que a quantidade de N, P e Mn do solo a 0 - 10 cm de profundidade excedeu à quantidade total destes nutrientes da fitomassa acima do solo mineral. Entretanto, as quantidades de K, Ca, Mg e S da fitomassa acima do solo mineral foram maiores do que as do solo a 0 - 10 cm de profundidade.<sup>29</sup>

KLEMMEDSON *et alii* estudaram a influência de condições diferentes de povoamentos de *P. ponderosa* na taxa de decomposição da matéria seca e de liberação de nutrientes de acículas da manta orgânica. As condições variaram principalmente com relação a idade, espaçamento e número de desbastes realizados. A decomposição, expressa em termos de perda de matéria seca, foi similar entre os tratamentos durante os 10 primeiros meses, a partir da qual houve diferenças. A taxa de decomposição foi mais rápida nos povoamentos mais abertos do que nos povoamentos mais densos, de dossel fechado e de maior área basal. Concluem os autores que os fatores principais na taxa de decomposição são a temperatura e a umidade da manta orgânica. A taxa de liberação de nutriente das acículas em decomposição foi distinta para cada elemento. Como esperado, a curva de perda de carbono foi similar à do peso de matéria seca. A perda de K foi a mais rápida entre os nutrientes analisados. O N e o S permaneceram estáticos durante 20 meses. Depois de 34 meses de decomposição, a percentagem média de nutriente retido nas acículas, em relação à quantidade inicial (100%) foi de 86% de N, 78% de S, 60% de P, 80% de Mg e Na e 200% de Ca.<sup>32</sup>

No Brasil, em particular na Região Sul, os povoamentos implantados de espécies do gênero *Pinus* têm proporcionado a formação de espessa camada de material orgânico depositada sob o solo mineral. REISSMANN através da morfologia diferenciou e descreveu 5 subhorizontes orgânicos sob um povoamento de *P. elliottii* com 15 anos de idade na região de Curitiba-PR, caracterizados por  $Ln_1$ ,  $Ln_2$ ,  $Lv_1$ ,  $Lv_2$  e Fr, cuja identidade também pode ser constatada através da análise química.<sup>55</sup>

Em três povoamentos de *P. taeda*, com 17 anos de idade, situados em sítios de qualidades diferentes (bom, médio e ruim), TREVISAN *et alii* observaram que a espessura total do horizonte orgânico foi maior no sítio médio (13,0 cm) e no sítio ruim (12,0 cm) do que no sítio bom (8,0 cm) pela decomposição mais lenta nos dois primeiros sítios devido às suas condições não favoráveis e também pela grande invasão de raízes nos subhorizontes Lv, Fr,  $Fr_1$  e  $Fr_2$ . No sítio bom, as condições do solo são mais adequadas para a nutrição das árvores e conseqüentemente, as raízes finas não necessitam invadir muito o horizonte orgânico em busca de nutrientes como ocorre nos sítios médio e ruim.<sup>68</sup>

#### 3.4 EFEITOS DA EXPLORAÇÃO INTENSIVA NA CICLAGEM DE NUTRIENTES

MÄLKÖNEN, através de revisão de literatura, estudou o efeito da exploração total das árvores, englobando coníferas de diferentes espécies, na fertilidade do solo, concluindo que a exploração tradicional da madeira não empobrece o solo, uma vez que o teor de nutrientes da madeira é muito baixo. No desbaste, a permanência dos resíduos da exploração no talhão tem uma função de adubo. Em regiões de clima frio, o desbas-

te promove um aumento da temperatura do solo, causando uma mobilização mais rápida dos nutrientes da camada de Húmus. Com o aumento da idade, a maior reserva de nutrientes móveis da árvore está limitada na biomassa da copa. O corte final provoca uma súbita mudança na ciclagem de nutrientes, quando uma grande quantidade de matéria orgânica retorna ao solo. Como a vegetação rasteira da área de corte não é capaz de utilizar suficientemente os nutrientes disponíveis do sistema, ocorre um aumento da lixiviação. A quantidade de nutrientes exportados com a madeira retirada depende da idade das árvores. No início da formação do cerne, parte dos nutrientes móveis como N, P e K são transferidos para outras partes da árvore, através da ciclagem interna dos nutrientes, enquanto o Ca acumula-se no caule. Consequentemente, as quantidades de N, P e K exportadas por unidade de volume de madeira são maiores na madeira jovem do que na antiga. Em comparação com a exploração que remove apenas a madeira comercial do talhão, a exploração total da árvore resulta numa perda de nutrientes ao final da rotação que varia de 2 a 4 vezes para o N, de 2 a 5 vezes para o P, de 1,5 a 3,5 vezes para o K e de 1,5 a 2,5 vezes para o Ca. Dependendo das condições do sítio, alguns destes nutrientes poderão ser fatores limitantes para o crescimento das árvores na próxima rotação.<sup>43</sup> WELLS & JORGENSEM consideram que o suprimento de nutrientes e as práticas de conservação do solo precisam ser considerados em conjunto para aumentar a produção de biomassa. Os autores constataram que a redução da rotação do *P. taeda* de 32 para 16 anos aumentou a taxa de exportação de nutrientes e que os métodos de controle de erosão e lixiviação, o uso de fertilizantes minerais e plantas

fixadoras de N podem compensar a exportação de nutrientes.<sup>78</sup>

Segundo WELLS & JORGENSEN, vários estudos indicam que a exploração convencional do fuste comercial exporta uma quantidade de nutrientes equivalente à que é introduzida no sistema, através da atmosfera, em povoamentos de rotação acima de 35 anos<sup>77</sup>.

MARION, analisando a exportação de biomassa e nutrientes em povoamentos de rotação longa (acima de 75 anos), concluiu que as florestas de coníferas de clima temperado, por apresentarem produção de biomassa moderadamente alta, grande eficiência em utilizar nutrientes e alta proporção de biomassa no caule, são as mais apropriadas para a exploração intensiva, em relação aos outros tipos de florestas (tropicais, boreais, folhosas).<sup>44</sup>

MORISON & FOSTER analisaram a remoção da biomassa e nutrientes através da exploração completa das árvores de povoamentos florestais de rotação média, ou seja, exploráveis na faixa etária de 25 a 75 anos. Durante o período de rotação, as árvores utilizam os nutrientes disponíveis do solo, existem entradas de nutrientes através de precipitação, retorno de nutrientes através da decomposição da manta orgânica e perdas pela exploração e lixiviação. Com base nestes princípios, eles ressaltam a idéia da rotação ecológica. A rotação ecológica, segundo KIMMIS é aquela que permite o retorno e adição de nutrientes ao sítio, de modo que as condições ecológicas sejam as mesmas da rotação anterior. O período da rotação ecológica depende da espécie, fatores ambientais e caracterís-

<sup>47</sup>KIMMIS, J.P. Evaluation of the consequences for future tree productivity of the loss of nutrients in whole-tree harvesting. *For.Ecol. Manage.* 1:169-83, 1977.

ticas do sítio. Existem poucas informações para se obterem conclusões dos efeitos da exploração total das árvores de florestas de rotação média na produtividade da futura rotação.<sup>47</sup>

PERALA & ALBAN, trabalhando em povoamentos de *Populus tremuloides*, *Picea glauca*, *P. resinosa* e *P. banksiana*, com idades variando de 39 a 49 anos, verificaram que a exploração total da parte aérea das árvores resultou numa remoção de nutrientes três vezes maior do que a exploração apenas do caule.<sup>49</sup>

Após o corte final e retirada da madeira de um povoamento de *P. radiata* com 33 anos de idade, HALL estimou a quantidade de 222 kg/ha de N na manta orgânica e nos resíduos da exploração e 8.746 kg/ha de N no solo mineral a 0 - 90 cm de profundidade. O fogo disseminado na manta orgânica e nos resíduos da exploração removeu 139 kg/ha de N e a operação de enleiramento removeu 212 kg/ha de N da área a ser plantada em seguida. O autor sugere que, após a retirada da madeira comercial do terreno, apenas os resíduos lenhosos sejam removidos dos talhões, o que proporcionará acesso suficiente para o plantio e deixarão intactos o solo superficial e manta orgânica, que são ricos em nutrientes.<sup>25</sup>

LOCKABY & ADAMS determinaram o peso de matéria seca e nutrientes de três povoamentos de *P. taeda* com idades variando de 40 a 50 anos. Estimaram uma média de 52 t/ha de matéria seca de vegetação de sub-bosque e 22 t/ha de matéria seca de resíduos da exploração florestal. Estes materiais combinados apresentaram 208, 16, 114, 215 e 40 kg/ha de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente,<sup>36</sup>

HANSEN & BAKER resumiram resultados de estudos de ex-

portação de biomassa e nutrientes de povoamentos de curta rotação e manejados intensivamente. Para estes povoamentos, foram escolhidas espécies de rápido crescimento, os sítios foram preparados intensivamente, foram utilizados espaçamentos apertados, aplicaram-se fertilizantes, foi feita a irrigação e controle de ervas daninhas. As produções de biomassa da madeira com casca destes povoamentos foram superiores a 20 t/ha/ano, 3 a 5 vezes maior do que as registradas em alguns povoamentos naturais. O conteúdo total de N variou de 100 kg/ha em plantações novas até 400 kg/ha em plantações com 20 anos de idade. A média da absorção anual de N decresceu de 28 kg/ha/ano em plantações com 1 ano para menos de 20 kg/ha/ano em plantações de 10 a 20 anos. Dada a grande produção de biomassa nestes povoamentos, o conteúdo de nutrientes (kg/ha) e a taxa anual de absorção (kg/ha/ano) foram elevados.<sup>26</sup>

TIMONI & PAGANO, estudando a distribuição de nutrientes dos componentes da parte aérea de um povoamento de *P. kesiya* com 16 anos de idade na região de Itirapina-SP, verificaram que em termos quantitativos, o macronutriente mais abundante foi o N, vindo a seguir o Ca, K, S, Mg e P. Entre os micronutrientes a ordem decrescente foi a seguinte: Mn, Na, Fe, Zn e B. Quando o desbaste removeu o fuste, incluindo madeira e casca, o elemento mais exportado foi o P vindo a seguir o S, Mg, Ca, K e N. Para os micronutrientes a ordem decrescente foi a seguinte: Zn, Na, B, Mn e Fe.<sup>67</sup>

Com base na literatura consultada, os povoamentos de espécies do Gênero *Pinus* implantados no Brasil são manejados de modo que as rotações sejam curtas, em comparação com as dos países de clima frio. Poucas informações existem sobre os

efeitos das operações de desbaste na exportação de biomassa e nutrientes destes povoamentos no país, principalmente com relação ao *P. taeda* no Estado do Paraná, o que motivou o desenvolvimento do presente trabalho.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO

Os povoamentos estudados localizam-se na Fazenda Monte Alegre da KLABIN do Paraná Agro-Florestal S/A, Município de Telêmaco Borba, Paraná. A Fazenda Monte Alegre situa-se entre os paralelos  $24^{\circ}02'02''$  e  $24^{\circ}27'48''$  de latitude sul e entre os meridianos  $50^{\circ}17'$  e  $50^{\circ}55'$  de longitude oeste de Greenwich, em uma altitude média de 850 m.

### 4.2 GEOLOGIA

Foram estudados quatro perfis de solos. O Perfil 1 é originado a partir da meteoriza o de rochas eruptivas básicas, sendo mais frequente o diabásio, que ocorre em diques e "sills" da Forma o Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento, do Jurássico - Cretáceo. Os perfis 2, 3 e 4 são formados de folhelhos do Grupo Campos Gerais do Devoniano (EMBRAPA & IAPAR<sup>22</sup>).

### 4.3 CLIMA

Pela carta climatológica do Estado do Paraná (GODOY *et alii*<sup>24</sup>), o clima da região   do tipo Cfb da classifica o de K ppen. É um clima mesotérmico, úmido e superúmido, sem esta o seca, com verões frescos, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a  $22^{\circ}\text{C}$  e as geadas são severas e fre-

quentes. Com base nos dados climáticos fornecidos pela KLABIN do Paraná Agro-Florestal S/A, a precipitação média anual de 1947 a 1980 foi de 1.461 mm, sendo janeiro o mês mais úmido, com uma média de 178,8 mm e abril, julho e agosto os meses mais secos, respectivamente com 89,0 mm, 85,4 mm e 73,9 mm. De 1963 a 1980 a temperatura média do mês mais frio (junho) foi de 15,4°C e a do mês mais quente (fevereiro) de 22,1°C. Os dados climáticos de 1981 a 1985 estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

#### 4.4 VEGETAÇÃO PRIMÁRIA

A vegetação primária que predominava nas áreas de estudo era do tipo Floresta Subtropical Perenifólia, de acordo com EMBRAPA & IAPAR, formada em geral por três estratos: o superior constituído por araucária, imbuia, cedro, canela e outras espécies folhosas de grande porte; o médio, por podocarpus, pimenteira, guaramirim, erva-mate, caroba, bracatinga, guariroba e outras; e o inferior por ervas, arbustos e gramíneas.<sup>22</sup>

#### 4.5 POVOAMENTOS E ÁREAS DE AMOSTRAGEM

Os dados foram coletados em três povoamentos de *Pinus taeda*, por ocasião do 1º, 2º e 3º desbaste, apresentando 7, 10 e 14 anos de idade, respectivamente. Com base nos inventários anuais realizados pela KLABIN Agro-Florestal S/A, procuraram-se talhões pertencentes à classe de crescimento de sítio III, segundo classificação estabelecida por MACHADO.<sup>39</sup> A classe de sítio III apresenta um padrão intermediário de crescimento das árvores em relação às demais classes (I, II, IV e

TABELA 01. DADOS CLIMÁTICOS DA FAZENDA MONTE ALEGRE. MÉDIAS MENSAIS DE 1981 A 1985\*.

Componentes	JAN <sup>(1)</sup>	FEV <sup>(1)</sup>	MAR <sup>(1)</sup>	ABR <sup>(1)</sup>	MAI <sup>(1)</sup>	JUN <sup>(1)</sup>	JUL <sup>(1)</sup>	AGO <sup>(1)</sup>	SET <sup>(1)</sup>	OUT <sup>(2)</sup>	NOV <sup>(2)</sup>	DEZ <sup>(2)</sup>
Precipitação (mm)	146,3	137,8	120,5	127,3	120,8	151,2	59,9	52,3	105,1	177,0	214,3	192,3
Temp. média das máx. °C	27,5	28,6	26,6	24,3	22,9	20,2	21,0	23,1	24,0	24,5	26,5	25,5
Temp. média das mín. °C	16,9	17,9	16,3	14,0	13,0	10,8	10,3	11,6	12,1	13,8	15,6	16,0
Temp. média geral °C	22,2	23,3	21,5	19,2	18,0	15,4	15,7	16,8	18,1	19,2	21,1	20,8
Temp. máx. absoluta °C	31,6	31,4	31,0	29,1	27,6	25,5	26,1	29,1	29,8	30,3	30,6	30,3
Temp. mín. absoluta °C	13,2	14,3	11,8	8,4	6,6	1,7	1,8	2,8	4,7	5,9	11,7	11,5
Umidade relativa do ar %	76,6	77,0	80,7	79,8	78,8	80,7	74,7	68,4	70,4	76,0	76,7	80,3

(1) - Período de 1981 a 1985 e (2) - Período de 1981 a 1984.  
\*Fonte: KLABIN do Paraná Agro-Florestal S/A.

TABELA 02. DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DA FAZENDA MONTE ALEGRE DURANTE O PERÍODO DE AMOSTRAGEM DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES E DE MANTA ORGÂNICA (JUNHO A SETEMBRO DE 1985).

Componentes	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
Precipitação (mm)	42,2	27,8	41,3	39,3
Temperatura média geral °C	14,8	14,7	18,9	18,8

\*Fonte: KLABIN do Paraná Agro-Florestal S/A.

V) e é a mais representativa de todas em relação a área de plantio do *P. taeda*.

Por ocasião do 1º desbaste, utilizou-se o talhão T - 192 a, de 7,0 ha, onde o plantio foi realizado em dezembro de 1978 no espaçamento de 2,5 x 1,7 m, situado na Guarda Florestal Boa Esperança. O talhão encontra-se num relevo variável de suave ondulado a ondulado. Para a coleta dos dados da parte aérea das árvores, delimitou-se uma área de 3.060 m<sup>2</sup> (3 unidades de 40,8 x 25,0 m interligadas) na parte mais alta do talhão e com declividade inferior a 11%, de modo a garantir maior homogeneidade possível do solo.

Por ocasião do 2º desbaste, utilizou-se o talhão T - 151 b, de 21,7 ha, plantado em agosto de 1975 no espaçamento de 2,5 x 1,7 m, situado na Guarda Florestal Colônia. O relevo do talhão é também variável, de suave ondulado a ondulado, e utilizou-se uma área de 10.200 m<sup>2</sup> (102 x 100 m), situada na parte central do talhão, para a coleta dos dados da parte aérea das árvores. Cerca de 90% desta área apresenta declividade inferior a 8% e o restante inferior a 10%.

Por ocasião do 3º desbaste, utilizou-se o talhão T - 19 a, de 19 ha, plantado em abril de 1971 no espaçamento de 2,5 x 2,0 m, situado na Guarda Florestal Colônia. Para a coleta dos dados da parte aérea das árvores, utilizou-se uma área de 10.000 m<sup>2</sup> (100 x 100 m) na sua parte central, apresentando declividade inferior a 11%.

A área de estudo delimitada do talhão T - 192 a (3.600 m<sup>2</sup>) apresenta face de exposição sul e as áreas de estudo delimitadas dos talhões T - 151 b (10.200 m<sup>2</sup>) e T - 19 a (10.000 m<sup>2</sup>) apresentam face de exposição norte.

## 4.6 SOLOS

### 4.6.1 Amostragem

Em cada área de estudo foram realizadas tradagens com a finalidade de escolher um perfil modal representativo.

Foram realizadas as descrições morfológicas e as coletas de amostras de quatro perfis até a profundidade de 2 m, de acordo com metodologia descrita por LEMOS & SANTOS.<sup>35</sup>

O solo da área de 3.060 m<sup>2</sup> do povoamento de 1ª desbaste pertence à unidade Terra Roxa Estruturada (Perfil 1).

Na área de 10.200 m<sup>2</sup> do povoamento de 2ª desbaste, foram delimitadas duas unidades de solo, sendo que uma corresponde aos 90% da área (Perfil 2), com declividade inferior a 8% e a outra unidade aos 10% restantes, com declividade entre 8 e 11% (Área de inclusão, Perfil 3). Os perfis 2 e 3 correspondem ao Podzólico Vermelho Escuro.

O solo da área de 10.000 m<sup>2</sup> do povoamento de 3ª desbaste pertence à unidade Podzólico Vermelho Escuro Latossólico (Perfil 4).

A fim de avaliar a fertilidade de cada unidade de solo, obteve-se uma amostra composta, abrangendo o horizonte A, a partir de 15 amostras simples, de acordo com VAN RAIJ<sup>71</sup>. Estas amostras foram coletadas a 0-10 cm de profundidade, limitada pela espessura do horizonte A do Perfil 1, que foi de 11 cm. Na área de inclusão do povoamento de 2ª desbaste, referente ao Perfil 3 e em cada uma das áreas de amostragem de manta orgânica, a amostra composta foi obtida a partir de 10 amostras simples, por serem áreas relativamente pequenas.

#### 4.6.2 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas das amostras de solo foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, seguindo metodologia preconizada pela EMBRAPA<sup>21</sup>. Foram realizadas análises totais de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn das amostras de solo conforme metodologia desenvolvida por JACKSON, citado por HILDEBRAND *et alii*<sup>28</sup>. A digestão foi feita com HF-HClO<sub>4</sub>. Na solução, contendo o solo digerido, o P foi determinado por colorimetria com vanadato-molibdato de amônio (azul) em espectrofotômetro (UV/VIS 554 da Perkin-Elmer). Os demais elementos foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica 2380 da Perkin-Elmer.

#### 4.6.3 Classificação

A classificação dos solos foi baseada nos seguintes critérios:

- Terra Roxa Estruturada são solos com horizonte B textural (BRASIL<sup>13</sup>), com argila de atividade baixa (valor T menor que 24 meq/100 g de argila após correção para carbono), derivados de rochas eruptivas básicas e baixa relação textural (B/A);

- Podzólico Vermelho Escuro são solos não hidromórficos que apresentam horizonte B textural (EMBRAPA<sup>20</sup>) equivalente ao "argillic horizon" (SOIL SURVEY STAFF<sup>62,63</sup>);

- Latossólico qualifica os solos intermediários para o Latossolo (EMBRAPA & IAPAR<sup>22</sup>);

<sup>28</sup>JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis*. Univer. of Wis., Dept. of Soil. 1958. 991p. (Advanced Course).

- Latossolo qualifica os solos não hidromórficos com horizonte B latossólico (BRASIL<sup>13</sup>) equivalente ao "oxic horizon" (SOIL SURVEY STAFF<sup>62,63</sup>) da classificação americana atual;

- Tb, símbolo utilizado para representar argila de atividade baixa, ou seja, quando a capacidade de troca de cátions (T) for menor que 24 meq/100 g de argila após correção para carbono (EMBRAPA & IAPAR<sup>22</sup>);

- Caráter Álico especifica saturação com alumínio trocável no horizonte B, maior que 50%, calculado pela fórmula  $100 \cdot \frac{Al^{3+}}{(Al^{3+} + S)}$ , onde  $Al^{3+}$  é o teor de Al trocável e S representa a soma de bases (VIEIRA & VIEIRA<sup>74</sup>);

- Caráter Distrófico especifica saturação de bases baixa, ou seja, valor V menor que 50%, onde V é calculado pela fórmula  $100 \cdot \frac{S}{T}$  (VIEIRA & VIEIRA<sup>74</sup>);

- Horizonte A moderado é equivalente a definição dada para "ochric epipedon" da classificação de solos americana (SOIL SURVEY STAFF<sup>62,63</sup>);

- Textura argilosa caracteriza solos com mais de 35% de argila (EMBRAPA & IAPAR<sup>22</sup>);

- Textura muito argilosa especifica solos com mais de 60% de argila (LEMOS & SANTOS<sup>35</sup>);

- Relevo suave ondulado apresenta declives suaves, entre 3 a 8% (LEMOS & SANTOS<sup>35</sup>) e

- Relevo ondulado apresenta declives acentuados, entre 8 e 20%. (LEMOS & SANTOS<sup>35</sup>).

Foi calculada a capacidade de troca de cátions (T) em 100 g de argila livre de carbono.

#### 4.7 AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

Para avaliar os parâmetros dendrométricos de *P. taeda*, foram demarcadas três parcelas ao acaso em cada uma das áreas de amostragem. Nos povoamentos de 1ª e 2ª desbaste as parcelas foram de 510 m<sup>2</sup> (25,0 x 20,4 m) e no povoamento de 3ª desbaste foram de 500 m<sup>2</sup> (25 x 20 m), com base na metodologia empregada pela KLABIN Agro Florestal S.A., por CASTRO *et alii*<sup>16</sup> e recomendações de ALEMDAG<sup>2</sup>. As medições de altura e diâmetro das árvores foram realizadas nos dias 06 de maio de 1985 nos povoamentos de 2ª e 3ª desbaste e no dia 12 de agosto do mesmo ano no povoamento de 1ª desbaste.

Com o objetivo de avaliar o crescimento das árvores, bem como caracterizar os sítios, foram medidas as alturas das 12 primeiras árvores e das 5 dominantes de cada parcela, baseando-se na metodologia adotada pelo IBDF<sup>30</sup>. As alturas das árvores foram medidas com o uso de um Hipsômetro de Blume - Leiss.

Com relação ao diâmetro, todas as árvores das parcelas foram medidas a 1,3 m do nível do solo (DAP), com o uso de suta metálica.

#### 4.8 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE ÁRVORES A SEREM AMOSTRADAS

Procurou-se selecionar árvores abrangendo toda a variação de DAP das árvores em cada uma das áreas de amostragem. O DAP é uma variável de fácil medição e eficiente para estimar o peso de matéria seca dos componentes das árvores (ALEMDAG<sup>2</sup>, CASTRO *et alii*<sup>18</sup>, PINHEIRO<sup>51</sup> e VAN LEAR *et alii*<sup>70</sup>).

Para cada parcela, foi estimado o número mínimo de árvores a serem amostradas, utilizando-se a fórmula estabelecida por STAIN, citado por STEEL & TORRIE<sup>65</sup>.

$$n = \frac{t^2 s^2}{(LE.\bar{X})^2}$$

onde:

n = número mínimo de árvores a serem amostradas

t = valor "t" tabelar para um nível de probabilidade desejado e n - 1 graus de liberdade

s<sup>2</sup> = variância dos diâmetros da parcela

LE = limite de erro aceitável em percentagem e

$\bar{X}$  = DAP médio da parcela.

No presente trabalho, atribuiu-se o valor de 10% para LE e um nível de 5% de probabilidade para o valor t.

Preliminarmente, o número mínimo de árvores a serem amostradas em cada área de estudo (3.060 m<sup>2</sup>, 10.200 m<sup>2</sup> e 10.000 m<sup>2</sup>, respectivamente nos povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste) foi o valor n médio das três parcelas. As árvores de cada parcela foram distribuídas em classes de DAP com intervalos de 5 cm, para se calcular as percentagens de árvores contidas nas diferentes classes. Com base nestas percentagens, definiu-se o número mínimo de árvores a serem amostradas por classe de DAP em cada área de estudo, como primeira condição.

A segunda condição foi selecionar no mínimo 4 árvores de diâmetros diferentes, preferencialmente, em cada classe de

<sup>65</sup>STAIN, C. A two-sample test for a linear hypothesis whose power is independent of the variance. *Ann. Math. Statist.*, 16:243-58, 1945.

DAP (ALEMDAG<sup>2</sup>). A terceira condição foi aplicar a fórmula de Stain para cada classe de DAP, determinando-se assim o número de árvores a serem amostradas por classe de DAP. No caso em que houve menos do que 4 árvores de uma determinada classe de diâmetro, todas as árvores desta classe foram amostradas.

#### 4.9 MARCAÇÃO DAS ÁRVORES A SEREM DESBASTADAS

A KLABIN do Paraná Agro-Florestal S/A aplica o método de desbaste misto ou conjugado em seus provoamentos de espécies de pinus de clima subtropical. O 1º desbaste é sistemático em cada 6ª linha de plantio onde todas as árvores são desbastadas e seletivo nas linhas restantes. No 2º desbaste é aplicado o método sistemático em cada 3ª linha e seletivo nas restantes. A partir do 3º desbaste, é utilizado apenas o método seletivo. Normalmente são realizados 5 desbastes nas seguintes idades: 7, 10, 13, 16 e 20 anos e um corte final aos 25 anos de idade. Com relação aos 3 primeiros desbastes, no 1º são desbastados cerca de 40% das árvores e, nas seguintes cerca de 35%. No presente trabalho, as árvores a serem desbastadas foram marcadas com o uso de facão, removendo-se um pedaço de casca a cerca de 1 m do nível do solo. Esta operação foi realizada nas árvores de amostragem por uma equipe de pessoal da referida empresa, no período de junho a agosto de 1985.

Imediatamente após a marcação das árvores a serem desbastadas, mediu-se o DAP de todas as árvores de cada uma das áreas de amostragem, seguindo-se um sentido de caminhamento pré-fixado.

Denominaram-se árvores existentes, todas as árvores vi-

vas existentes no povoamento antes do desbaste. Árvores retiradas correspondem às árvores desbastadas ou abatidas.

#### 4.10 COMPONENTES DAS ÁRVORES

##### 4.10.1 Amostragem

A amostragem destrutiva foi realizada durante o inverno de 1985 e mais precisamente de 17 de junho a 09 de agosto na área de 2ª desbaste, de 15 a 27 de julho na área de 3ª desbaste e de 12 a 26 de agosto na área de 1ª desbaste. Foi utilizada uma equipe de cinco operários, sendo um deles operador de moto-serra.

A metodologia de amostragem dos componentes da parte aérea das árvores foi uma variação dos critérios adotados por YOUNG & CARPENTER<sup>80</sup>, BROWN<sup>16</sup>, SAUCIER<sup>58</sup>, ALEMDAG<sup>2</sup>, PINHEIRO<sup>51</sup> e VAN LEAR *et alii*<sup>70</sup>.

Foram selecionadas árvores vivas, não quebradas, saudias e não bifurcadas, procurando cobrir toda variação das classes de DAP das áreas de amostragem. Evitou-se abater árvores próximas umas das outras para não formar clareiras. Nos povoamentos de 2ª e 3ª desbaste, mediram-se os diâmetros das árvores selecionadas (DAP). O valor de DAP anotado foi a média de dois diâmetros perpendiculares. No povoamento de 1ª desbaste, por amostrar um maior número de árvores por classe de diâmetro, foram medidas as circunferências a 1,30 m do nível de solo (CAP) e que posteriormente foram transformadas para DAP.

Em seguida, colocou-se uma lona na projeção da copa da árvore selecionada, a fim de se coletar o máximo possível de

ramos mortos. Após o seu abate, foram anotadas as seguintes dimensões: altura total; altura comercial (comprimento do fuste, da base até o ponto de diâmetro com casca de 7 cm) e comprimento da copa viva (distância compreendida entre o ponto de projeção perpendicular das primeiras acículas vivas no caule e o topo da árvore). A seguir, foi coletado e separado o restante dos ramos mortos, ramos vivos e acículas. Os ramos, por sua vez, foram sub-divididos em três classes de diâmetro: menores que 0,7 cm (ramos finos); entre 0,7 e 2,5 cm (ramos médios) e entre 2,5 e 7,6 cm (ramos grossos). A parte do caule com diâmetro inferior a 2,5 cm integrou-se à classe de ramos vivos médios ou finos.

O caule da árvore foi seccionado nas alturas de 0,1; 1,3; 2,0 e a seguir de 2 em 2 metros até alcançar o limite de um diâmetro com casca igual a 7 cm. Em cada uma dessas alturas foi retirado um disco de aproximadamente 2,5 cm de espessura. Com relação ao ponteiro (parte do caule com diâmetros com casca entre 7 e 2,5 cm), foram retirados dois discos, um na metade de seu comprimento e outro na extremidade de diâmetro igual a 2,5 cm, também com espessura de aproximadamente 2,5 cm.

Todos os componentes da copa e os toretes do caule com casca foram pesados em balança nivelada e com precisão de 0,01 kg. Foram obtidas amostras representativas das acículas vivas, ramos vivos e mortos de cada uma das classes de diâmetro, separadamente, variando o peso de matéria úmida entre 10 a 100 g, conforme o tipo de material. Ainda no campo, os discos do caule foram pesados com e sem casca em balança com precisão de 0,1 g, para se determinar a percentagem de casca de cada tore-

te. Em seguida, retirou-se uma cunha de madeira e uma porção da casca de cada disco do fuste, como amostras. Com relação ao ponteiro, constituíram-se amostras o disco de madeira e a casca total do disco.

As amostras dos componentes da árvore, imediatamente após a coleta e no próprio campo, foram pesadas em balança de 0,1 g de precisão para obtenção do peso de matéria úmida. A balança, sobre uma mesa em nível, foi protegida do vento por aparatos laterais, de fundo e de cobertura. Após a pesagem no campo, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel impermeável devidamente identificadas e enviadas ao laboratório.

Com o fim de avaliar o estado nutricional do povoamento, em cada área de amostragem, foram coletadas acículas de segundo lançamento de ramos de exposição norte, ou seja, de intensa exposição à luz. Para isso, utilizou-se o segundo verticilo superior de dez árvores, incluindo dominantes e codominantes, de acordo com ZÖTTL<sup>81</sup>.

#### 4.10.2 Teor de Umidade e peso de matéria seca

No laboratório, as amostras dos componentes das árvores sofreram o processo de secagem em estufa a 80°C até o peso constante. Após a pesagem, determinou-se a percentagem de umidade das amostras, em relação ao peso seco. Os dados de peso de matéria seca das amostras foram extrapolados para os componentes pesados no campo, utilizando-se a equação:

$$P = c (b/a)$$

onde:

P = peso de matéria seca dos componentes das árvores,  
em quilogramas,

a = peso de matéria úmida da amostra, em gramas,

b = peso de matéria seca da amostra, em gramas,  
c = peso de matéria úmida dos componentes das árvores,  
em quilogramas, obtidas no campo.

Para fins de percentagem de umidade, análises de regressão e análises químicas, o fuste da árvore foi dividido em inferior e superior. Os toretes do fuste inferior foram todos aqueles toretes situados abaixo da metade da altura comercial. Quando a metade da altura comercial atingiu parte de um torete, este, integralmente, fez parte do fuste superior. A árvore com altura comercial inferior a 1,3 m não apresentou fuste superior. Assim, para a casca e madeira, determinou-se a percentagem de umidade média das amostras do fuste inferior e superior e do ponteiro. O peso de matéria seca do fuste inferior e fuste superior de cada árvore foi determinado, somando-se os valores individuais dos respectivos toretes de fuste inferior e fuste superior.

#### 4.10.3 Escolha das variáveis independentes e equações estimadoras do peso de matéria seca

No inventário de fitomassa, foram utilizados os dados dendrométricos e de peso de matéria seca dos componentes das árvores abatidas, bem como os dados de diâmetro (DAP) das árvores retiradas e remanescentes de cada uma das áreas de amostragem. Os dados foram gravados em minidisks e processados em microcomputador D-8100 da Dismac.

Inicialmente, foram realizados os estudos de correlação simples, selecionando-se as variáveis independentes que apresentaram maior correlação com a variável dependente. A variável

vel dependente foi representada por  $\ln P$  e com base nos trabalhos de BROWN<sup>16</sup>, PINHEIRO<sup>51</sup>, SINGH<sup>60</sup> e VAN LEAR *et alii*<sup>70</sup>, foram utilizadas as seguintes variáveis independentes:

$\ln DAP$ ,  $\ln H$ ,  $\ln Hc$ ,  $\ln Cv$ ,  
 $\ln DAP^2$ ,  $\ln (DAP \cdot H)$ ,  $\ln (DAP^2 \cdot H)$ ,  
 $\ln (DAP \cdot Hc)$ ,  $\ln (DAP^2 \cdot Hc)$ ,  $\ln (DAP \cdot Hc/H)$ ,  
 $\ln (DAP \cdot Cv)$ ,  $\ln (DAP^2 \cdot Cv)$  e  $\ln (DAP \cdot Cv/H)$

onde:

$\ln$  = logaritmo natural, no sistema de base  $e$ ;  
 $P$  = peso de matéria seca dos componentes das árvores;  
 $DAP$  = diâmetro a 1,3 m do nível do solo;  
 $H$  = altura total;  
 $Hc$  = altura comercial e  
 $Cv$  = comprimento da copa viva.

Para o povoamento de 1ª desbaste não se utilizou a variável independente  $Hc$  (altura comercial) e suas combinações para estimar o peso de matéria seca dos componentes da copa das árvores. Neste caso, foram utilizadas apenas 8 variáveis independentes citadas anteriormente. Em todos os outros casos, o peso de matéria seca foi estimado em função das 13 variáveis independentes citadas.

Para a escolha das variáveis independentes a compor as equações de regressão estimadoras do peso de matéria seca, utilizou-se uma combinação dos processos estatísticos "Forward" e "Step-wise". Para isso, utilizou-se um programa que começa com uma regressão simples, utilizando a variável independente de maior correlação com a variável dependente e executa regressões com cada variável independente remanescente indivi-

dualmente, adiciona a variável com o mais alto valor de F à regressão e repete o processo. No presente trabalho não foram apresentadas equações com mais de duas variáveis independentes.

Caso o DAP não fosse a primeira variável a ser selecionada, procedia-se então à determinação da equação em função dessa variável, pela sua importância.

Os parâmetros e testes utilizados para analisar equações obtidas foram:  $R^2$  (coeficiente de determinação);  $s_{yx}$  (desvio padrão);  $s_{yx}\%$  (desvio padrão em percentagem, ou seja,  $(s_{yx}/\bar{y}) \cdot 100$ , onde  $\bar{y}$  é a média da variável dependente) e F (teste de F).

#### 4.10.4 Análises químicas

Para as análises químicas, foram utilizadas amostras compostas de acículas, ramos, madeira e casca de cada classe de DAP com intervalo de 5 cm.

Com relação ao povoamento de 1º desbaste, foram obtidas amostras representativas de acículas, ramos, madeira e casca do ponteiro de 4 classes de DAP. Nesta idade de desbaste, foram tomadas amostras de madeira e casca do caule das árvores com DAP menor que 7 cm e das árvores com DAP de 7 a 9,9 cm, ampliando-se para 5 o número de classes de DAP. Para os demais povoamentos, foram obtidas amostras representativas dos diferentes componentes vivos das árvores de 5 classes de DAP. Com relação ao povoamento de 3º desbaste, as amostras de uma árvore de DAP igual a 41 cm foram agrupadas com as da classe de DAP de 35 a 39,9 cm.

Com relação aos ramos mortos, foram obtidas amostras representativas de duas classes de DAP. Para o povoamento de 1ª desbaste constituíram-se as classes de 5 a 14,9 cm e de 15 a 24,9 cm de DAP, para o povoamento de 2ª desbaste, as classes foram de 10 a 19,9 cm e de 20 a 34,9 cm de DAP e para o povoamento de 3ª desbaste, as classes foram de 15 a 24,9 cm e de 25 a 44,9 cm de DAP.

As amostras de madeira, casca e ramos com diâmetro superior a 0,7 cm foram picadas e em seguida moídas em moinho tipo Wiley. As amostras de ramos finos e acículas foram moídas diretamente.

Foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e B das amostras, seguindo metodologias descritas por HILDEBRAND *et alii*<sup>24</sup>. O N foi determinado pelo método de Kjeldahl. No extrato resultante da digestão total com HCl a 10% determinou-se P por colorimetria com vanadato - molibdato de amônio (amarelo) e dos demais nutrientes, com exceção do B, em espectrofotômetro de absorção atômica 2380 da Perkin-Elmer. A digestão para a extração de B foi feita através de incineração até 500°C e banho maria com HCl 1 N de acordo com FIALA<sup>23</sup> e a sua determinação por colorimetria com azomethine-H (amarelo) em espectrofotômetro (UV/VIS 554 da Perkin-Elmer) segundo BASSON<sup>11</sup>.

Não se constatou um efeito evidente do aumento do DAP nos teores de nutrientes dos componentes das árvores. Sendo assim, calculou-se a média das diferentes classes de DAP, referente a um determinado nutriente de um determinado componente de árvore. Dessa maneira, o valor referente a cada classe de DAP foi considerado uma repetição. Alguns valores muito

discrepantes de teores de nutrientes, resultantes provavelmente de contaminação, foram excluídos. Quanto ao povoamento de 1ª desbaste foram excluídos ao todo 7 valores, resultando nos seguintes números de repetições: 4 de K da casca do ponteiro, 3 de Fe das acículas, 4 de Fe da madeira do fuste inferior, 4 de Mn da casca do fuste superior, 2 de Cu dos ramos vivos e 4 de Cu da madeira do fuste inferior. Com relação ao povoamento do 2ª desbaste, foram excluídos 4 valores, resultando nos seguintes números de repetições: 4 de K da casca do fuste superior, 4 de Ca dos ramos vivos médios e 3 de Cu da madeira do fuste superior. Quanto ao povoamento de 3ª desbaste, eliminou-se um valor de K da casca do fuste inferior, resultando 4 repetições.

#### 4.10.5 Pesos de matéria seca e nutrientes por hectare

Não foram estimados os pesos de matéria seca por hectare dos ramos vivos e grossos do povoamento do 1ª desbaste, pois apareceram em pequena quantidade e de maneira irregular, bem como dos ramos mortos dos três povoamentos analisados, pela baixa correlação observada entre seus pesos e as variáveis independentes.

Os pesos de matéria seca da casca e madeira do ponteiro não apresentaram correlação com o diâmetro das árvores. Sendo assim, para estimar o peso de matéria seca, por unidade de área, da casca e madeira do ponteiro, multiplicou-se o peso médio, de cada um destes componentes, das árvores amostradas pelo número total de árvores por unidade de área. Também calculou-se o número mínimo de árvores a serem amostradas ( $n$ ), com base na variância do peso de matéria seca da casca e

madeira do ponteiro  $(s^2)$ . Para isso, aplicou-se a fórmula de Stain.

Os pesos de matéria seca dos demais componentes das árvores foram estimados em função do DAP. Para isso, foi feita a distribuição das árvores retiradas e remanescentes de cada área de estudo em classes de DAP, com intervalos de 1 cm. A equação de regressão  $\ln P = a + b \ln \text{DAP}$  foi aplicada para cada classe de DAP.

Quando se utiliza a transformação logarítmica, ocorre uma sub-estimativa sistemática do valor de peso de matéria seca obtido após a transformação anti-logarítmica (BASKERVILLE<sup>10</sup>). Assim, o valor de peso de matéria seca obtido foi multiplicado pelo seguinte fator de correção, segundo MEYER, citado por ALDER (p. 139)<sup>1</sup>.

$$F_c = e^{s^2/2}$$

onde:  $F_c$  é o fator de correção para as estimativas,  $e$  a base do logaritmo natural e  $s$  o erro-padrão residual obtido da regressão.

Em seguida, o peso de matéria seca corrigido foi multiplicado pelo número de árvores retiradas e remanescentes de cada classe de DAP. Através de somatórias, calcularam-se os pesos de matéria seca das árvores retiradas e remanescentes totais de cada área de estudo (3.060 m<sup>2</sup>, 10.200 m<sup>2</sup> e 10.000 m<sup>2</sup>, respectivamente nos povoamentos de 1º, 2º e 3º desbaste). Continuando, os dados foram transformados em quilogramas por hectare. Os pesos de matéria seca dos componentes das árvores

<sup>1</sup>MEYER, H.A. A correction for systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation. Pennsylvania State University, 1944. (Forest Research Paper 7).

existentes foram cálculos somando-se os respectivos pesos das árvores retiradas e remanescentes.

Os pesos de nutrientes, kg/ha para macronutrientes e g/ha para micronutrientes, dos componentes das árvores retiradas e remanescentes foram estimados a partir dos respectivos pesos de matéria seca e teores de nutrientes de cada componente. Somando-se, foram estimados os pesos por ha dos nutrientes dos componentes das árvores existentes antes do desbaste.

Após serem estimados separadamente, os pesos por ha de matéria seca dos ramos das diferentes classes de diâmetro foram somados, bem como os pesos de madeira e casca do ponteiro, os pesos de madeira do fuste inferior e superior e os pesos de casca do fuste inferior e superior. O mesmo se procedeu com relação aos pesos de nutrientes destes componentes.

Para as avaliações finais, os pesos por ha de matéria seca e de cada um dos nutrientes do ponteiro foram somados aos respectivos pesos de ramos, em vista da semelhança destes resíduos de exploração florestal.

#### 4.11 COMPONENTES DA MANTA ORGÂNICA

##### 4.11.1 Caracterização dos horizontes orgânicos

A manta orgânica florestal (VEIGA<sup>72</sup>), manta morta (SOUSA<sup>64</sup>) ou horizonte orgânico (LUTZ & CHANDLER<sup>32</sup>, VIEIRA<sup>73</sup>, LEMOS & SANTOS<sup>35</sup>), foi subdividida nos seguintes subhorizontes, com base na terminologia apresentada por BABEL, citado por REISSMANN<sup>55</sup>:

<sup>55</sup>BABEL, W. *Moderprofile in Wäldern*. Ulmen, Stuttgart, 1972. 120p.

- Subhorizonte L: L do inglês "litter", constituído por resíduos orgânicos com o mínimo de substância fina (máximo 10%), também chamado de horizonte  $O_1$ , liteira ou serapilheira, segundo VIEIRA<sup>73</sup>;

- Subhorizonte Ln: n do latim "novus", do alemão "neu": novo, constituído pelos componentes das árvores recém caídos. As acículas apresentam a rigidez e o tamanho original sem fragmentação;

- Subhorizonte Lv: v do alemão verändert: alterado, constituído por material bastante comprimido, sendo que as acículas se apresentam com perda total da rigidez inicial e já começam a aparecer fragmentadas;

- Subhorizonte F: F, "fôrna", "förmultningsskiktet": fermentação, constituído por resíduos orgânicos apresentando pouco ou médio teor de substância fina, reconhecível ao olho nu facilmente, com a presença de raízes finas e micorrizas;

- Resíduos orgânicos: fragmentos acima de 0,2 mm que permitem ainda uma identificação de estrutura ou tecido;

- Substância fina: fragmentos abaixo de 0,2 mm que a olho nu não permitem identificar qualquer estrutura de tecido.

#### 4.11.2 Amostragem

As amostras de manta orgânica foram coletadas durante o período de 9 a 27 de setembro de 1985. Devido à alteração da manta orgânica resultante da amostragem dos componentes das árvores, foram escolhidas outras três áreas, cada uma ao lado das áreas já descritas no item 4.5 e nos respectivos talhões. Estas áreas, utilizadas para a amostragem dos componentes de manta orgânica, apresentaram as seguintes dimensões: 4.600 m<sup>2</sup>

(115 x 40 m) no povoamento de 1ª desbaste e 9.000 m<sup>2</sup> (100 x 90 m) nos povoamentos de 2ª e 3ª desbastes. No povoamento de 1ª desbaste, a presença de leiras paralelas, distantes 50 m umas das outras, impediu que a área de amostragem fosse mais larga. Com base nos trabalhos de CAREY *et alii*<sup>17</sup>, METZ<sup>46</sup> e LOPES *et alii*<sup>37</sup>, foram sorteadas ao acaso 60 parcelas na área de 4.600 m<sup>2</sup> e 180 parcelas em cada uma das áreas de 9.000 m<sup>2</sup>, mencionadas anteriormente. Cada parcela, como unidade amostral, apresentou 0,25 m<sup>2</sup>.

Na área de 4.600 m<sup>2</sup> foram fixados 30 pontos (10 x 3) no espaçamento de 10 x 7,5 m, dos quais apenas 10 foram sorteados. Nas áreas de 9.000 m<sup>2</sup> foram fixados 30 pontos (6 x 5) no espaçamento de 10 x 10 m e todos foram utilizados. A partir do ponto estabelecido, sorteou-se o sentido de distribuição das parcelas. Com o uso de uma moeda e um dado, um dos doze ângulos possíveis (30°, 60°, 90°, assim por diante até 360°) foi sorteado. As parcelas foram distribuídas com o uso de uma corda de 25 m, dividida de 5 em 5 metros, ou seja, com 6 marcas. Cada uma destas marcas representou o centro de uma parcela. Na área de 4.600 m<sup>2</sup>, devido ao seu formato, o ponto médio da corda ficou sobre o ponto sorteado e não foi utilizada a moeda.

Para a coleta dos componentes de manta orgânica da parcela, utilizou-se uma armação metálica de 0,5 x 0,5 m e de 10 cm de altura. A armação foi pressionada fortemente contra a manta orgânica. Um facão bem afiado foi utilizado para cortar os componentes localizados às margens da armação.

Para cada um dos subhorizontes orgânicos Ln, Lv e F, as acículas foram separadas dos demais componentes. Os demais componentes foram denominados de material diverso, compostos principalmente por ramos, cones femininos e masculinos e material fino não identificável.

As acículas de cada subhorizonte orgânico encontrado na parcela foram pesadas no campo para se obter o peso por parcela de matéria úmida de componentes obtido no campo (g/0,25 m<sup>2</sup>). Em seguida, coletou-se uma amostra de acículas de cada subhorizonte. Como choveu pouco durante o período de amostragem, as acículas, principalmente dos subhorizontes Ln e Lv, apresentaram-se relativamente secas externamente. Nestas condições, as amostras de 6 parcelas, estabelecidas cada vez que a corda de 25 m era esticada, foram agrupadas e homogeneizadas para se obter uma amostra composta. Nas condições de maior umidade, geralmente no subhorizonte F, procedeu-se a coleta de uma amostra por parcela (simples). As amostras foram pesadas no campo para se obter o peso de matéria úmida.

O material diverso de cada subhorizonte encontrado na parcela, na maioria das vezes, foi devidamente embalado em saco de papel e enviado ao laboratório para determinar diretamente o peso de matéria seca. Em 16 parcelas da área de 2º desbaste e em 25 parcelas da área de 3º desbaste, devido ao grande volume apresentado em um ou mais subhorizontes, o material diverso foi sub-dividido em ramos finos (diâmetro inferior a 0,7 cm) ramos médios (diâmetro de 0,7 a 2,5 cm) ramos grossos (diâmetro maior de 2,5 a 7,6 cm), cones masculinos e femininos para cada camada. Em seguida, pesou-se no campo apenas os componentes que apareceram em maior quantidade.

Da mesma maneira do que para as acículas, obteve-se o peso de matéria úmida por parcela do componente obtido no campo ( $\text{g}/0,25 \text{ m}^2$ ). A seguir, procedeu-se a coleta da amostra e pesagem no campo.

Todas as pesagens no campo foram realizadas em balança nivelada com precisão de 0,1 g.

As amostras, devidamente embaladas, foram enviadas ao laboratório.

#### 4.11.3 Freqüência, peso de matéria seca e tamanho mínimo da amostra

Calculou-se a freqüência percentual com que aparece cada componente (acículas e material diverso) em cada subhorizonte orgânico. Para isso, o quociente entre o número de parcelas que apresenta o componente e o número de parcelas observadas (60 no povoamento de 1ª desbaste e 180 nos demais) foi multiplicado por 100.

Os pesos de matéria seca das amostras e sub-amostras dos componentes de manta orgânica foram determinados de acordo com a metodologia apresentada no ítem 4.10.2. No lugar de componentes das árvores, em quilogramas, lê-se componentes de manta orgânica, em gramas por  $0,25 \text{ m}^2$ . Calculou-se o intervalo de confiança para o peso médio de matéria seca de cada componente de cada horizonte orgânico.

O tamanho mínimo das amostras para estimar o peso de matéria seca das acículas e do material diverso de cada subhorizonte orgânico, bem como da manta orgânica total, para cada área, foi determinado também através da fórmula de Stain. O n representa o número mínimo de parcelas a serem amostradas e os

demais parâmetros referem-se ao peso de matéria seca do componente de manta orgânica.

#### 4.11.4 Análises químicas

Foram utilizadas amostras compostas de acículas e material diverso dos diferentes subhorizontes orgânicos (Ln e Lv nas condições de 1º desbaste e Ln, Lv e F nas condições de 2º e 3º desbaste) para a realização das análises químicas.

Para cada povoamento e para cada subhorizonte orgânico, o material diverso foi agrupado e sub-dividido em 5 componentes: a) cones masculinos e material muito fino; b) ramos finos; c) ramos médios; d) ramos grossos e e) cones femininos. Foram estimados os pesos de matéria seca de todos estes componentes com base no teor de umidade de amostras. Para os dados dos povoamentos de 2º e 3º desbaste, também foram computados os pesos estimados de matéria seca dos componentes que permaneceram no campo. Amostras compostas destes componentes foram moídas de acordo com metodologia descrita no ítem 4.10.4. Para cada subhorizonte orgânico, obteve-se finalmente uma amostra de 100 g de material diverso moído, contendo os diferentes componentes, já citados, nas mesmas proporções estimadas que deveriam aparecer no campo.

Determinaram-se os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e B das amostras de manta orgânica, adotando-se as mesmas metodologias citadas no ítem 4.10.4. Estas análises foram feitas com quatro repetições. Determinou-se também o pH em água (H<sub>2</sub>O) e em cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>, 0,01 M) de cada amostra, com apenas uma repetição. Para isso, utilizou-se a proporção 1 para 12,5 de peso de matéria seca da amostra e volume

(ml) de  $H_2O$  ou  $CaCl_2$  0,01 M, respectivamente.

Para avaliar a variação dos teores de nutrientes entre os componentes dos diferentes subhorizontes, utilizou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado. Para os teores de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn das acículas dos subhorizontes Ln e Lv, foram utilizadas três repetições, pois uma das quatro repetições para cada caso foi realizada separadamente e apresentou resultados discrepantes. Também foram utilizadas três repetições para o povoamento de 2º desbaste e nos seguintes casos: teores de Cu do material diverso do subhorizonte Lv e teores de B das acículas dos subhorizontes Ln e F. Nestes três últimos casos, uma das quatro repetições teve problema de contaminação e os dados foram excluídos. Em todos os outros tratamentos foram utilizadas quatro repetições. As análises de variância foram feitas aplicando-se o teste F. As comparações dos teores médios de nutrientes dos componentes dos subhorizontes orgânicos foram feitos através da aplicação do teste de Tukey.

#### 4.11.5 Pesos de matéria seca e nutrientes por hectare

Para cada um dos dois componentes (acículas e material diverso) de cada subhorizonte orgânico e de cada povoamento, obteve-se o peso de matéria seca total das parcelas. Assim, os pesos foram expressos em  $g/15 m^2$  no povoamento de 1º desbaste e  $g/45 m^2$  nos demais. Em seguida, os pesos foram transformados para kg/ha.

A partir dos pesos (kg/ha) de matéria seca e dos teores de nutrientes, foram estimados os pesos de nutrientes (kg/ha para macronutrientes e g/ha para micronutrientes).

Convém salientar que os resíduos de exploração, ou seja, componentes da copa, incluindo ponteiro, ramos e acículas, não foram retirados dos talhões nas operações dos desbastes anteriores para os povoamentos de 10 e 14 anos. Sendo assim, estes materiais fizeram parte da manta orgânica avaliada.

#### 4.12 EXPORTAÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES

Considerou-se como material exportado a madeira comercial com casca das árvores retiradas e como material remanescente, o ponteiro, os ramos e as acículas das árvores retiradas, bem como a parte aérea das árvores remanescentes. Considerou-se também material remanescente a manta orgânica. O ponteiro e ramos foram analisados conjuntamente para fins de exportação de biomassa e nutrientes. Este procedimento baseou-se nas técnicas de exploração florestal adotadas pela KLABIN do Paraná. Em seguida, foi elaborada a distribuição percentual de matéria seca e dos nutrientes no material retirado e remanescente.

A biomassa e nutrientes exportados foram calculados, somando-se os pesos estimados de matéria seca e dos nutrientes da madeira comercial com os respectivos pesos estimados da casca, ambos das árvores retiradas de cada desbaste.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 SOLOS

#### 5.1.1 Resultados analíticos e classificação dos perfis

O solo da área de amostragem do povoamento de 19 desbaste (Perfil 1) foi classificado como Terra Roxa Estruturada Tb Distrófica com A Moderado textura muito argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado.

#### Descrição Morfológica do Perfil 1 -

- A<sub>1</sub> 0 - 11 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; moderada, pequena/média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.
- B<sub>1</sub> 11 - 22 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; forte, média/grande blocos subangulares; cerosidade forte comum/abundante; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.
- B<sub>21</sub> 22 - 56 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada/forte, média blocos subangulares; cerosidade moderada e pouca; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.

- B<sub>22</sub> 56 - 82 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; forte, média/grande blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>23</sub> 82 - 130 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>24</sub> 130 - 200<sup>+</sup>cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila, moderada, média blocos subangulares; cerosidade moderada comum/abundante; macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.

Os resultados analíticos do Perfil 1 são apresentados na Tabela 3.

Com relação ao povoamento de 2ª desbaste, o Perfil 2 foi classificado como Podzólico Vermelho Escuro Tb Álico/Distrófico com A Moderado textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo suave ondulado.

Descrição Morfológica do Perfil 2 -

- A<sub>1</sub> 0 - 18 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso.
- B<sub>1</sub> 18 - 39 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; forte, média blocos subangulares; cerosidade forte e abundante; ligeiramente du-

TABELA 03. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 1: TERRA ROXA ESTRUTURADA Tb DISTRÓFICA

Horizonte		Composição Granulométrica (%)			% Silte	%	pH	ppm	
Sím-bolo	Profundidade (cm)	Areia	Silte	Argila	% Argila	C	CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	P (Assimilável)	
A <sub>1</sub>	0 - 11	18,2	17,2	64,0	0,27	2,48	4,1	1	
B <sub>1</sub>	- 22	17,8	12,2	70,0	0,17	1,84	4,3	2	
B <sub>21</sub>	- 56	16,2	13,8	70,0	0,20	1,16	4,4	1	
B <sub>22</sub>	- 82	15,8	16,2	68,0	0,24	0,82	4,6	1	
B <sub>23</sub>	-130	15,6	16,4	68,0	0,24	0,47	4,6	1	
B <sub>24</sub>	-200+	17,4	14,6	68,0	0,21	0,22	4,6	1	
Meq/100 g de solo							T	S.100	Al <sup>+3</sup> . 100
Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	S (Soma)	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	T (Soma)	Em 100 g de Argila livre de carbono	T	Al <sup>+3</sup> + S
0,9	0,7	0,15	1,75	2,0	3,65	7,40	-	24	53
0,7	1,3	0,07	2,07	1,3	2,77	6,14	0,9	34	39
0,4	0,8	0,06	1,26	0,7	2,76	4,72	1,8	27	36
0,3	0,8	0,04	1,14	0,0	3,19	4,33	2,8	26	0
0,4	0,8	0,12	1,32	0,0	2,93	4,25	4,2	31	0
0,8	0,0	0,04	0,84	0,0	2,70	3,54	4,2	24	0
Teores totais (Ataque por HF-HClO <sub>4</sub> )									
ppm							%		
P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
600	600	275	1050	1000	100	100	16,00	22,88	
525	600	238	1090	750	110	110	13,40	19,16	
450	500	175	1170	730	90	100	13,25	18,95	
421	496	149	1140	743	109	99	13,58	19,42	
447	596	87	1120	785	109	99	13,22	18,90	
400	600	88	1150	790	100	90	13,70	19,59	

ro, friável, plástico e pegajoso.

- B<sub>21</sub> 39 - 82 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e comum; macio, muito friável, plástico e pegajoso.
- B<sub>22</sub> 82 - 120 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; macio, muito friável, plástico e pegajoso.
- B<sub>23</sub> 120 - 185<sup>+</sup> cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; macio, muito friável, plástico e pegajoso.

Os resultados analíticos do Perfil 2 são apresentados na Tabela 4.

O solo de inclusão (Perfil 3) da área de amostragem do povoamento de 29 desbaste pertence à unidade Podzólico Vermelho Escuro Tb Álico/Distrófico com A Moderado textura argilosa/muito argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo ondulado.

Descrição Morfológica do Perfil 3 -

- A<sub>1</sub> 0 - 19 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; macio, friável, plástico e pegajoso.

TABELA 04. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 2: PODZÓLICO VERMELHO ESCURO Tb ÁLICO/DISTRÓFICO

Horizonte		Composição Granulométrica (%)			% Silte	%	pH	ppm	
Sím-bolo	Profundi-dade (cm)	Areia	Silte	Argila	% Argila	C	CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	P (Assimilável)	
A <sub>1</sub>	0 - 18	18,4	15,6	66,0	0,24	2,41	4,0	1	
B <sub>1</sub>	- 39	19,2	16,8	64,0	0,26	1,90	4,2	1	
B <sub>21</sub>	- 82	17,4	16,6	66,0	0,25	0,99	4,4	1	
B <sub>22</sub>	- 120	16,2	15,8	68,0	0,23	0,62	4,5	1	
B <sub>23</sub>	- 185 <sup>+</sup>	19,8	18,2	62,0	0,29	0,27	4,7	1	
Meq/100 g de solo							T Em 100 g de Argila livre de carbono	S.100	Al <sup>+3</sup> . 100
Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	S (Soma)	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	T (Soma)	T	Al <sup>+3</sup> + S	
0,5	0,9	0,05	1,45	2,8	3,86	8,11	1,3	66	
0,5	0,6	0,04	1,14	2,0	2,80	5,94	0,4	64	
0,4	0,4	0,01	0,81	1,3	2,45	4,56	2,4	62	
0,4	0,9	0,02	1,32	0,5	2,69	4,51	3,9	27	
0,2	0,8	0,02	1,02	0,0	2,93	3,95	5,1	0	
Teores totais (Ataque por HF-HClO <sub>4</sub> )									
ppm							%		
P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
350	3200	163	1470	170	70	70	7,95	11,37	
322	3300	149	1420	168	69	79	7,82	11,18	
263	3400	150	1420	180	70	70	7,75	11,08	
263	3500	113	1370	180	60	70	8,50	12,16	
224	3800	174	1390	199	60	70	8,02	11,47	

- B<sub>1</sub> 19 - 44 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada/forte, grande/média blocos subangulares; cerosidade forte/moderada e abundante; ligeiramente duro, friável plástico e pegajoso.
- B<sub>21</sub> 44 - 80 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média/grande blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro; muito friável, plástico e pegajoso.
- B<sub>22</sub> 80 - 128 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>31</sub> 128 - 162 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, úmido); argila; moderada, média blocos subangulares; cerosidade moderada e pouca, macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.
- B<sub>32</sub> 162 - 201 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, úmido); argila; moderada/forte, grande/média blocos subangulares/angulares; cerosidade forte e comum; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e muito pegajoso.
- B<sub>33</sub> 201 - 213 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, úmido); argila; forte, grande blocos subangulares/angulares; duro, firme, ligeiramente plástico e muito pegajoso.

Na Tabela 5 estão inseridos os resultados analíticos do Perfil 3. Este perfil, representando 10% da área de amostragem das árvores, encontra-se numa rampa que sofreu maior erosão e o Perfil 2 encontra-se numa parte mais elevada, plana e preservada dos processos erosivos em relação ao anterior, o que justifica as pequenas variações que ocorrem entre os dois perfis quanto às características de cor, relação silte/argila, T em 100 g de argila livre de carbono e teor de  $Fe_2O_3$  dos sub-horizontes.

O solo referente ao povoamento de 39 desbaste (Perfil 4) pertence à unidade Podzólico Vermelho Escuro Latossólico Tb Álico/Distrófico com A moderado textura argilosa fase floresta subtropical perenifólia relevo ondulado.

#### Descrição Morfológica do Perfil 4 -

- A<sub>1</sub> 0 - 4 cm; bruno avermelhado escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; moderada, média granular; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
- A<sub>3</sub> 4 - 23 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; macio, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso.
- B<sub>1</sub> 23 - 60 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; moderada, média blocos subangulares; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

TABELA 05. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 3: PODZÓLICO VERMELHO ESCURO Tb ÁLICO/DISTRÓFICO.

Horizonte		Composição Granulométrica (%)			% Silte	%	pH	ppm	
Sím-bolo	Profundidade (cm)	Areia	Silte	Argila	% Argila	C	CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	P (Assimilável)	
A <sub>1</sub>	0 - 19	16,2	13,8	70,0	0,20	2,56	4,0	1	
B <sub>1</sub>	- 44	20,2	21,8	58,0	0,38	1,90	4,2	1	
B <sub>21</sub>	- 80	21,0	15,0	64,0	0,23	0,87	4,3	1	
B <sub>22</sub>	- 128	18,6	15,4	66,0	0,23	0,57	4,4	1	
B <sub>31</sub>	- 162	18,6	17,4	64,0	0,27	0,22	4,4	1	
B <sub>32</sub>	- 201	19,0	21,0	60,0	0,35	0,18	4,4	1	
B <sub>33</sub>	- 213	19,2	24,8	56,0	0,44	0,09	4,2	1	
Meq/100 g de solo							T	S.100	Al <sup>+3</sup> . 100
Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	S (Soma)	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	T (Soma)	Em 100 g de Argila livre de carbono	T	Al <sup>+3</sup> + S
0,6	1,3	0,07	1,97	2,8	3,86	6,66	-	30	58
0,4	0,4	0,04	0,84	2,3	2,50	4,80	-	18	73
0,3	0,8	0,03	1,13	1,7	3,51	5,21	4,1	22	60
0,5	1,4	0,03	1,93	1,2	2,55	3,75	3,1	51	38
0,5	1,0	0,03	1,53	1,0	2,75	3,75	4,8	41	40
0,7	0,5	0,03	1,23	1,6	2,15	3,75	5,4	33	57
0,6	0,7	0,04	1,34	2,6	2,20	4,80	8,1	28	66
Teores totais (Ataque por HF-HClO <sub>4</sub> )									
ppm							%		
P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
376	5700	213	1770	160	60	60	6,90	9,87	
300	6400	187	1870	140	70	70	6,54	9,35	
275	6800	163	1940	120	70	70	6,75	9,65	
275	7100	188	1930	120	70	60	7,20	10,30	
275	7100	175	1940	150	80	80	6,70	9,58	
298	10200	99	2170	139	60	70	6,36	9,09	
400	12900	100	2540	140	70	80	6,40	9,15	

B<sub>21</sub> 60 - 100 cm; vermelho escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

B<sub>22</sub> 100 - 190<sup>+</sup> cm; vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); argila; moderada, média/pequena blocos subangulares; macio, muito friável, ligeiramente plástico e pegajoso.

A Tabela 6 contém os resultados analíticos dos horizontes do Perfil 4.

Em todos os horizontes dos solos predominou a fração argila, com teores oscilando entre 46 a 70%. Os solos apresentaram argila de atividade baixa (Tb), com valores entre 0,4 a 8,1 meq/100 g de argila livre de C.

Os solos analisados apresentaram caráter álico, exceto o Perfil 1 que é distrófico, onde os valores de saturação com alumínio dos horizontes subsuperficiais (B) variaram de 0 a 39%.

Em todos os perfis analisados predominam os cátions trocáveis H<sup>+</sup> ou Al<sup>+3</sup> sobre os cátions trocáveis básicos. O perfil 3 (Tabela 5) foi o que apresentou maior saturação de bases, cujos valores variaram de 18 a 51%. Nos demais perfis, os valores de saturação de bases oscilaram entre 18 e 34%.

#### 5.1.2 Fertilidade

A interpretação da fertilidade dos solos analisados de 0 a 10 cm de profundidade foi feita com base nos resultados ana-

TABELA 06. RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL 4: PODZÓLICO VERMELHO ESCURO LATOSSÓLICO Tb  
 ÁLICO/DISTRÓFICO

Horizonte		Composição Granulométrica (%)			% Silte		pH	ppm	
Sím- bolo	Profundi- dade (cm)	Areia	Silte	Argila	% Argila	% C	CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	P (Assimilável)	
A <sub>1</sub>	0 - 4	40,4	13,6	46,0	0,30	3,65	4,1	3	
A <sub>3</sub>	- 23	43,4	10,6	46,0	0,23	1,51	4,3	2	
B <sub>1</sub>	- 60	41,0	11,0	48,0	0,23	1,21	4,3	1	
B <sub>21</sub>	- 100	37,8	14,2	48,0	0,30	0,94	4,4	1	
B <sub>22</sub>	- 190 <sup>+</sup>	38,2	9,8	52,0	0,19	0,52	4,5	1	
Meq/100 de solo									
Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	S (Soma)	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	T (Soma)	T Em 100 g de Argila livre de carbono	S.100 T	Al <sup>+3</sup> .100 Al <sup>+3</sup> + S
1,2	1,5	0,06	2,76	2,1	4,04	8,90	-	31	43
1,0	0,8	0,04	1,84	1,7	3,10	6,64	4,6	28	48
0,5	0,8	0,02	1,32	1,8	3,00	6,12	5,2	22	58
0,4	0,7	0,01	1,11	1,4	2,06	4,57	3,6	24	56
0,5	0,5	0,01	1,01	0,4	2,13	3,94	4,6	26	28
Teores totais (Ataque por HF-HClO <sub>4</sub> )									
ppm							%		
P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
275	1500	200	840	140	50	70	4,95	7,08	
272	1500	235	820	129	59	79	4,85	6,94	
263	1700	250	700	140	60	80	4,80	6,86	
225	1500	175	740	140	60	80	5,85	8,37	
175	1500	150	710	150	50	80	5,50	7,87	

líticos apresentados na Tabela 7. O teor de C foi ligeiramente superior na área de 1ª desbaste. O teor de P foi de 1 ppm em todos os solos analisados, exceto para a área de amostragem de manta orgânica sob o povoamento de 3ª desbaste. Na área do povoamento de 2ª desbaste, os baixos teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  trocáveis, aliados aos teores mais elevados de  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{H}^{+}$ , conferiram valores de pH inferiores às demais áreas de estudo. Os teores de  $\text{K}^{+}$  trocável do solo a 0 - 10 cm foram superiores no povoamento de 1ª desbaste, intermediários no de 2ª desbaste e inferiores no de 3ª desbaste.

Para a maioria dos elementos analisados, houve uma certa uniformidade entre as áreas de amostragem de componentes das árvores e manta orgânica, dentro de cada idade de desbaste. A maior diferença se deu no povoamento de 1ª desbaste, onde na área de amostragem de manta orgânica o valor de pH e os teores de  $\text{Ca}^{+}$ ,  $\text{Mg}^{+}$ ,  $\text{K}^{+}$  foram inferiores e os teores de  $\text{Al}^{+3}$  e  $\text{H}^{+}$  foram superiores, em relação aos resultados da área de amostragem dos componentes das árvores. Também os teores totais de Ca, Mg e Fe foram inferiores na área de amostragem de manta orgânica.

De modo geral, os resultados apresentados na Tabela 7 não acusaram diferenças evidentes de fertilidade entre as unidades de área representadas pelos Perfis 2 e 3.

## 5.2 CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

Na Tabela 8 são apresentados os dados de crescimento das árvores e número de árvores por parcela. Com relação a altura média das árvores dominantes das três parcelas, por idade de desbaste, os valores obtidos foram 12,3 m, 18,6 m e

TABELA 07. CARACTERIZAÇÃO ANALÍTICA DE FERTILIDADE DOS SOLOS A 0-10 cm DE PROFUNDIDADE DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES E DE MANTA ORGÂNICA DOS POVOAMENTOS DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Área de Amostragem dos componentes	% C	pH CaCl <sub>2</sub> 0,01 M	ppm P (Assimilável)	Meq/100 g de solo					
					Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	
1φ	Árvores	4,03	4,5	1	2,25	1,80	0,38	0,95	5,19	
	Manta Orgânica	3,93	4,3	1	1,10	1,35	0,13	1,85	5,38	
2φ	Árvores P <sub>2</sub> (1)	3,65	4,2	1	0,95	0,75	0,08	2,85	7,19	
	Árvores P <sub>3</sub> (2)	2,97	4,2	1	0,80	0,90	0,08	2,85	7,19	
	Manta Orgânica	2,80	4,2	1	1,10	0,70	0,09	2,85	5,67	
3φ	Árvores	2,80	4,3	1	1,00	1,00	0,05	2,20	6,32	
	Manta Orgânica	2,64	4,3	3	1,40	0,70	0,04	1,75	6,10	
Teores totais <sup>(3)</sup> (Ataque por HF-HClO <sub>4</sub> )										
					ppm					%
		P	K	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe	
1φ D	Árvores	575	800	569	1170	1035	120	105	11,95	
	Manta Orgânica	375	850	368	655	319	105	70	8,67	
2φ D	Árvores P <sub>2</sub> (1)	363	2800	357	1075	165	50	85	6,13	
	Árvores P <sub>3</sub> (2)	376	5250	301	1710	145	75	80	6,63	
	Manta Orgânica	387	4350	330	1530	169	80	75	6,85	
3φ D	Árvores	274	1400	343	680	125	40	80	5,03	
	Manta Orgânica	325	1350	369	705	185	45	80	5,10	

(1) P<sub>2</sub> = Unidade de área representada pelo Perfil 2; (2) P<sub>3</sub> = Unidade de área representada pelo Perfil 3;  
(3) Médias de duas repetições

TABELA 08. ALTURA MÉDIA DAS 12 PRIMEIRAS ÁRVORES ( $\bar{H}_{12}$ ) E DAS 5 ÁRVORES DOMINANTES ( $\bar{H}_{5D}$ ), BEM COMO NÚMERO DE ÁRVORES (N), DIÂMETRO MÉDIO DE TODAS ELAS ( $\overline{DAP}$ ) E ÁREA BASAL (AB), POR PARCELA<sup>(1)</sup>, DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM DAS ÁRVORES DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Parcela (nº)	$\bar{H}_{12}$ <sup>(2)</sup> (m)	$\bar{H}_{5D}$ <sup>(2)</sup> (m)	N	$\overline{DAP}$ <sup>(2)</sup> (cm)	AB (m <sup>2</sup> )
1º	1	10,4 ± 0,9	11,9 ± 0,2	102	13,0 ± 0,7	1,4484
	2	10,3 ± 0,5	12,8 ± 0,8	106	12,8 ± 0,7	1,4777
	3	10,5 ± 0,8	12,3 ± 0,3	98	13,1 ± 0,9	1,4530
2º	1	16,0 ± 0,6	18,3 ± 0,7	64	20,3 ± 1,1	2,1656
	2	16,8 ± 1,1	18,7 ± 0,6	72	19,8 ± 0,9	2,2979
	3	16,5 ± 0,7	18,8 ± 0,6	66	20,1 ± 1,1	2,1988
3º	1	20,6 ± 0,7	22,0 ± 0,3	35	23,3 ± 1,3	1,7990
	2	20,1 ± 0,9	22,0 ± 0,5	34	25,9 ± 1,7	1,8508
	3	21,2 ± 0,6	22,1 ± 0,2	42	25,0 ± 1,1	2,1012

(1) Parcela de 510 m<sup>2</sup> para os povoamentos de 1º e 2º Desbaste e de 500 m<sup>2</sup> para o povoamento de 3º desbaste;

(2) Média com intervalo de confiança ao nível de 5% de probabilidade.

22,0 m para os povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste, respectivamente. Com base nos limites de altura de árvores dominantes para as classes de sítio apresentadas por MACHADO<sup>39</sup>, os sítios das áreas de amostragem das árvores pertencem às classes III, I e II, respectivamente para os povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste, apesar de cada talhão ter sido classificado no seu todo como classe III pela KLABIN do Paraná Agro-Florestal S.A. Isto é possível, pois dentro de cada talhão existem varia es de classe de sítio influenciadas pela topografia do terreno e características físicas e químicas do solo. Deve-se levar em conta que os limites de altura por idade e classe de sítio estabelecidos por MACHADO<sup>39</sup> são estimativas baseadas no  ndice de idade de 10 anos.

### 5.3 NÚMERO DE ÁRVORES EXISTENTES, RETIRADAS E REMANESCENTES POR CLASSE DE DIÂMETRO

A frequência das árvores por classe de diâmetro   observada na Tabela 9.

A percentagem de árvores retiradas em rela o ao total (intensidade de desbaste) foi de 38,4% no povoamento de 1ª desbaste, 40,71% no de 2ª desbaste e 39,3% no de 3ª desbaste.

### 5.4 DADOS DENDROMÉTRICOS DAS ÁRVORES AMOSTRADAS

Os dados de diâmetro (DAP), altura total (H), altura comercial (Hc) e comprimento da copa viva (Cv) das árvores amostradas dos povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste, são apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12, respectivamente. Resumindo, o número de árvores amostradas por classe de DAP com intervalo de 5 cm   melhor observado na Tabela 13.

TABELA 09. NÚMERO DE ÁRVORES EXISTENTES, RETIRADAS E REMANESCENTES, POR CLASSE DE DIÂMETRO (DAP), DAS ÁREAS DE AMOSTRAGEM DOS POVOAMENTOS DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

DAP (cm)	1º Desbaste			2º Desbaste			3º Desbaste		
	Área de 3.060 m <sup>2</sup>			Área de 10.200 m <sup>2</sup>			Área de 10.000 m <sup>2</sup>		
	Exist.	Ret.	Rem.	Exist.	Ret.	Rem.	Exist.	Ret.	Rem.
5	9	7	2	-	-	-	-	-	-
6	24	21	3	-	-	-	-	-	-
7	24	21	3	-	-	-	-	-	-
8	26	18	8	-	-	-	-	-	-
9	39	26	13	-	-	-	-	-	-
10	49	31	18	4	4	-	-	-	-
11	42	25	17	8	8	-	-	-	-
12	64	23	41	18	18	-	-	-	-
13	81	23	58	23	23	-	-	-	-
14	63	13	50	36	30	6	-	-	-
15	53	12	41	49	40	9	-	-	-
16	59	9	50	66	43	23	3	3	-
17	32	5	27	90	62	28	12	12	-
18	25	5	20	100	56	44	9	8	1
19	19	2	17	83	25	58	16	13	3
20	10	1	9	133	48	85	32	25	7
21	11	2	9	145	41	104	46	33	13
22	-	-	-	122	28	94	59	34	25
23	1	-	1	112	24	88	59	22	37
24	-	-	-	84	22	62	63	19	44
25	-	-	-	57	12	45	62	21	41
26	-	-	-	52	15	37	71	17	54
27	-	-	-	37	6	31	63	18	45
28	-	-	-	23	3	20	69	20	49
29	-	-	-	12	3	9	45	13	32
30	-	-	-	7	4	3	38	12	26
31	-	-	-	1	-	1	28	5	23
32	-	-	-	1	-	1	17	1	16
33	-	-	-	-	-	-	11	4	7
34	-	-	-	2	-	2	12	6	6
35	-	-	-	-	-	-	6	1	5
36	-	-	-	-	-	-	6	-	6
37	-	-	-	-	-	-	1	-	1
38	-	-	-	-	-	-	1	-	1
39	-	-	-	-	-	-	1	-	1
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Total	631	244	387	1265	515	750	731	287	444

TABELA 10. DIÂMETRO (DAP), ALTURA TOTAL (H), ALTURA COMERCIAL (Hc) E COMPRIMENTO DA COPA VIVA (Cv) DAS ÁRVORES DE *P. taeda* AMOSTRADAS NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Árvore nº	DAP (cm)	H (m)	Hc (m)	Cv (m)
1	5,0	7,0	-	2,4
2	5,6	7,0	-	2,4
3	6,0	5,4	-	2,8
4	6,2	7,4	-	2,5
5	6,4	6,5	-	2,8
6	7,0	6,9	1,3	3,0
7	7,3	8,8	1,3	3,5
8	7,5	8,0	1,8	3,4
9	7,8	7,7	1,7	3,2
10	8,3	9,2	2,4	4,9
11	8,3	9,8	2,6	3,3
12	8,5	9,9	2,9	4,1
13	8,7	7,7	2,9	3,4
14	8,8	10,0	4,0	4,4
15	9,0	10,5	4,0	4,6
16	9,2	10,3	4,0	4,3
17	10,0	9,1	4,0	4,9
18	10,2	9,8	4,2	5,0
19	10,8	10,5	5,5	5,5
20	11,1	9,8	5,6	4,9
21	11,3	9,9	5,9	4,8
22	11,5	10,6	6,1	5,7
23	12,0	10,5	6,0	5,5
24	12,2	10,3	5,8	6,8
25	12,7	9,9	5,6	5,1
26	13,0	10,8	6,7	6,2
27	13,2	10,5	6,7	5,2
28	13,7	10,0	5,8	5,6
29	13,7	10,5	6,2	5,8
30	14,3	10,9	7,2	6,2
31	14,3	11,0	7,1	5,6
32	14,4	11,5	7,1	7,1
33	14,5	11,8	7,7	6,9
34	14,6	10,1	6,0	4,5
35	15,0	11,0	7,3	5,8
36	15,0	11,5	7,2	7,1
37	15,3	10,0	6,5	5,2
38	15,7	10,7	6,9	6,4
39	16,1	11,8	7,9	6,5
40	16,2	9,8	6,7	4,8
41	16,2	10,8	7,1	6,2
42	17,1	11,3	7,0	6,3
43	18,0	11,6	8,0	6,4
44	18,1	10,9	7,3	6,9
45	18,5	10,8	7,7	6,8
46	19,1	11,8	7,9	6,4
47	19,1	11,9	7,9	7,1
48	20,0	12,1	8,3	6,2
49	21,0	12,7	8,5	8,5
50	21,2	13,0	9,0	7,8
51	22,6	12,0	9,3	6,7

TABELA 11. DIÂMETRO (DAP), ALTURA TOTAL (H), ALTURA COMERCIAL (Hc) E COMPRIMENTO DA COPA VIVA (Cv) DAS ÁRVORES DE *P. taeda* AMOSTRADAS NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Árvore nº	DAP (cm)	H (m)	Hc (m)	Cv (m)
1	10,0	13,6	6,8	5,0
2	11,5	14,7	9,1	4,9
3	12,0	12,6	6,0	5,8
4	12,0	15,1	9,5	7,2
5	13,0	12,6	6,9	3,3
6	13,0	14,5	8,0	4,6
7	14,0	13,3	8,2	2,4
8	14,5	15,2	9,4	4,7
9	15,5	16,7	12,0	5,5
10	16,0	14,5	9,5	6,4
11	16,0	16,7	12,0	5,0
12	16,5	15,7	10,8	6,7
13	17,5	16,9	13,1	6,3
14	18,0	17,5	13,1	7,5
15	19,0	16,8	13,0	5,3
16	20,0	17,4	13,7	6,8
17	20,5	18,4	14,2	7,9
18	21,0	17,7	14,0	8,2
19	22,0	18,0	14,6	9,6
20	22,0	18,2	14,4	8,8
21	22,0	19,5	15,0	8,1
22	23,0	18,0	14,3	9,0
23	23,0	18,3	14,3	7,4
24	24,0	17,2	13,5	6,1
25	24,0	17,9	13,4	6,4
26	24,0	18,4	14,4	7,5
27	25,0	18,9	14,2	9,7
28	26,0	19,3	15,2	7,6
29	26,0	19,5	15,5	8,0
30	27,0	19,2	15,5	12,4
31	28,0	18,0	15,0	7,3
32	28,0	18,6	14,0	9,6
33	29,0	18,4	14,0	9,0
34	29,5	19,8	15,8	8,0
35	30,0	18,5	15,0	8,5
36	31,0	19,0	16,0	8,0
37	31,5	18,4	14,7	7,8
38	32,0	18,1	14,6	9,2
39	33,5	19,0	14,7	7,2

TABELA 12. DIÂMETRO (DAP), ALTURA TOTAL (H), ALTURA COMERCIAL (Hc) E COMPRIMENTO DA COPA VIVA (Cv) DAS ÁRVORES DE *P. taeda* AMOSTRADAS NO 3º DESBASTE (14 ANOS)

Árvore nº	DAP (cm)	H (m)	Hc (m)	Cv (m)
1	16,0	16,4	7,6	8,0
2	16,0	17,4	9,7	6,8
3	17,0	20,1	14,5	9,1
4	18,0	19,2	15,0	7,8
5	18,0	20,2	15,4	6,3
6	19,0	20,3	15,8	10,4
7	20,0	21,6	17,4	8,4
8	21,0	22,4	18,0	9,8
9	23,0	21,3	17,4	8,6
10	23,0	22,6	18,2	10,5
11	24,0	22,3	18,5	9,5
12	25,0	20,5	17,0	9,8
13	26,0	21,1	17,5	8,9
14	27,0	21,8	17,8	8,9
15	28,0	22,6	18,4	10,6
16	29,0	22,7	18,2	9,1
17	30,0	22,5	19,2	11,4
18	31,0	23,2	19,5	10,2
19	33,0	24,1	20,0	10,1
20	34,0	23,3	19,6	11,3
21	35,0	21,7	17,8	12,0
22	36,0	21,6	18,0	10,8
23	36,0	22,7	19,1	11,7
24	38,0	22,2	18,7	11,2
25	41,0	22,5	18,9	12,5

TABELA 13. NÚMERO DE ÁRVORES AMOSTRADAS, POR CLASSE DE DAP, DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Classe de DAP (cm)	1º Desbaste	2º Desbaste	3º Desbaste
5,0 - 9,9	16	-	-
10,0 - 14,9	18	8	-
15,0 - 19,9	13	7	6
20,0 - 24,9	4	11	5
25,0 - 29,9	-	8	5
30,0 - 34,9	-	5	4
35,0 - 39,9	-	-	4
40,0 - 44,9	-	-	1
Total	51	39	25

## 5.5 COMPONENTES DAS ÁRVORES

### 5.5.1 Umidade

Os dados de percentagem de umidade, em relação ao peso seco, das amostras dos componentes das árvores das três áreas de estudo são apresentados nas Tabelas de 14 a 19, no Apêndice.

### 5.5.2 Estimativa do peso de matéria seca

Os dados de peso de matéria seca dos componentes das árvores, utilizados nas análises de regressão, estão relacionados nas Tabelas de número 20 a 25.

TABELA 20. PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Árvore nº	Acículas vivas	Ramos Vivos			Ramos Mortos	
		Finos	Médios	Grossos	Finos	Médios
1	0,4285	0,0940	0,4364	-	0,4881	0,0827
2	0,1253	0,1048	0,4016	-	0,1361	0,1515
3	0,3818	0,1760	0,4267	-	0,1261	0,3101
4	0,3293	0,0398	0,3801	-	0,2473	0,8022
5	0,6501	0,1962	0,7762	-	0,4979	0,1114
6	0,9434	0,2787	0,6420	-	0,1493	0,0989
7	0,6083	0,1500	0,6128	-	0,1596	0,6057
8	1,0823	0,1108	0,7368	-	0,0991	0,5023
9	0,4588	0,1196	0,5985	-	0,2544	0,4258
10	0,9322	0,2453	0,9430	-	0,1784	0,3638
11	0,8994	0,1756	0,6140	-	0,4010	1,0744
12	1,1899	0,1412	1,1847	-	0,2500	0,5749
13	0,9390	0,2343	1,1219	-	0,2800	0,4064
14	2,0748	0,3449	2,6688	-	0,1626	0,1821
15	1,5365	0,1276	0,8085	-	0,0820	0,1578
16	1,5667	0,3797	1,1571	-	0,1621	0,1302
17	2,0567	0,5270	2,5659	-	0,3720	0,6132
18	1,8550	0,3807	0,4958	-	0,2145	0,3871
19	2,4998	0,4156	2,2568	-	0,2784	0,8100
20	3,6522	0,3645	3,7455	-	0,2045	0,4500
21	3,5413	0,3104	3,7372	-	0,1886	0,4770
22	2,2630	0,2980	2,7757	-	0,2614	0,9841
23	4,3956	0,6520	3,8591	-	0,1500	0,4947
24	3,4688	0,4736	4,3596	1,6583	0,6985	1,6008
25	4,2380	0,7140	5,8082	-	0,4898	0,7449
26	3,8875	0,7812	3,8970	0,2363	0,3142	0,9218
27	4,4426	0,7597	5,6798	-	0,4476	1,0548
28	3,9700	0,7128	4,5360	0,7213	0,5520	1,9447
29	4,0980	0,8339	4,6720	-	0,2688	0,6696
30	4,7638	0,8128	7,2381	0,8879	0,4476	0,9800
31	5,1512	0,1182	6,9392	-	0,1939	0,4265
32	7,2685	2,6271	7,2239	0,6447	0,2611	0,9589
33	7,3234	0,9515	9,1279	2,1175	0,3257	0,8840
34	4,1432	0,7138	5,7885	1,2523	0,6818	1,4699
35	7,1948	0,7032	5,1299	0,7207	0,4875	1,3134
36	6,5105	0,8778	6,5341	-	0,2095	0,5204
37	5,2053	1,1343	5,5069	-	0,5342	1,3292
38	5,4643	0,9644	7,3720	0,1848	0,7224	1,4536
39	5,5160	0,7223	7,0157	-	0,4179	2,1616
40	4,6090	1,2375	8,9541	-	1,2427	2,9707
41	7,4286	1,2443	10,8219	-	0,6457	1,1545
42	5,5705	0,7425	7,1840	0,9113	0,5687	2,2295
43	10,4113	0,7860	8,8278	7,4842	0,2084	1,1803
44	11,6840	1,5251	11,1144	8,8371	0,5852	1,3841
45	12,1153	1,3468	10,3200	2,7421	0,4754	1,1799
46	11,3349	1,6645	10,8214	4,2719	0,4780	1,1413
47	11,2217	1,9229	10,1848	3,9438	0,7736	1,7509
48	9,2382	1,6376	13,9919	5,3110	0,4727	1,3291
49	9,6800	1,8200	11,4839	5,1744	0,4504	1,6412
50	10,0008	0,8594	10,5020	6,3053	0,5949	2,0808
51	17,9676	1,8612	17,6818	6,7235	0,5384	1,0223

TABELA 21. PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Árvore nº	Casca			Madeira		
	Fuste		Ponteiro	Fuste		Ponteiro
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
1	0,1511*	-	0,1526	0,8824*	-	1,1491
2	0,2803*	-	0,4214	1,6456*	-	3,0448
3	0,1466*	-	0,1186	1,1640*	-	0,8504
4	0,2870*	-	0,2094	1,5283*	-	1,2073
5	0,2528*	-	0,2764	1,4760*	-	1,7080
6	0,2807	-	0,4066	1,8144	-	3,0649
7	0,2190	-	0,1831	1,0657	-	1,3930
8	0,3905	0,0959	0,5710	1,7306	0,5011	2,5202
9	0,3538	0,0794	0,3481	1,6063	0,4248	1,8019
10	0,3410	0,1669	0,4048	2,1016	2,2213	3,1780
11	0,3801	0,2321	0,4653	2,2735	1,6456	3,2581
12	0,4205	0,3551	0,6331	2,2043	2,0904	3,3189
13	0,3247	0,2286	0,2755	2,2424	1,6598	1,7176
14	0,7104	0,4662	0,5514	4,1756	2,8294	3,0255
15	0,4009	0,5757	0,5337	2,3031	4,2588	3,3714
16	0,3847	0,5157	0,4415	2,6288	3,8485	2,9136
17	0,7480	0,5703	0,4407	4,3731	3,5801	2,6325
18	0,7601	0,5667	0,4086	4,5342	3,9572	2,5751
19	0,6633	0,7275	0,4018	5,9369	6,4803	2,6627
20	0,8656	0,8068	0,3135	6,6410	6,7480	1,9259
21	1,0094	1,3386	0,3228	7,1154	7,8621	1,3517
22	0,8718	0,9858	0,2694	6,2000	8,2771	1,7005
23	0,7444	1,0186	0,2793	6,6349	8,7469	1,9837
24	0,9827	0,8895	0,3253	7,5009	8,2974	2,2201
25	1,0042	1,1010	0,2516	7,7210	8,4551	2,0083
26	1,2710	1,7155	0,3489	8,6941	11,1149	1,6585
27	1,6171	1,9635	0,2298	9,6777	11,8649	1,4583
28	1,6288	1,7340	0,2871	9,3399	10,5223	1,7066
29	1,3263	1,3889	0,2778	9,1910	10,1347	1,6221
30	1,4371	1,9080	0,2972	10,4554	15,2231	1,6817
31	1,5876	2,3148	0,2629	10,5911	14,9807	1,2750
32	1,5149	2,0285	0,3504	11,2085	14,9474	1,8914
33	1,1373	1,9489	0,2775	11,9431	19,3352	1,5861
34	1,4148	1,4081	0,3005	9,7966	10,6085	1,9237
35	1,3131	2,0857	0,2456	10,2543	15,6639	1,1677
36	1,5817	2,4328	0,2906	12,6976	17,4138	1,8267
37	1,4691	1,5112	0,2403	9,9782	11,9158	1,4792
38	1,9393	2,3332	0,3155	12,0912	14,8743	1,5029
39	1,6703	2,6676	0,3167	12,9759	20,4616	1,8745
40	1,6389	1,5688	0,1775	11,1489	12,5549	0,9446
41	1,4700	2,2511	0,2971	13,7753	18,8751	1,6597
42	1,8498	2,3545	0,3757	14,1684	17,4522	1,9511
43	1,9704	3,2767	0,3150	17,7937	26,6013	1,6804
44	2,4490	3,0509	0,7599	15,2435	20,5559	4,7769
45	2,4231	3,5865	0,9471	17,4192	21,0895	3,4034
46	3,8767	1,8659	0,3180	30,3092	14,6662	2,0830
47	2,8009	1,3216	0,2655	30,6977	12,0367	1,5333
48	3,6801	2,2186	0,3321	34,6081	19,9973	1,9786
49	4,6011	2,0378	0,3449	38,7029	16,9713	1,9319
50	3,7112	2,2115	0,3317	36,7431	19,6799	1,6698
51	4,4948	2,8785	0,1316	40,6725	24,7158	0,8605

\* Dado de árvore que não apresenta fuste comercial (DAP menor que 7 cm) foi excluído da análise de regressão.

TABELA 22. PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Árvore nº	Acículas vivas	Ramos Vivos			Ramos Mortos		
		Finos	Médios	Grossos	Finos	Médios	Grossos
1	0,9170	0,2867	1,2867	-	0,4141	3,3243	-
2	1,6033	0,3646	1,7272	-	0,2843	2,5070	-
3	0,5050	0,3337	0,5957	-	0,8466	1,6404	-
4	2,9934	0,6178	3,1141	-	0,2067	1,2600	-
5	0,9091	0,4812	4,7582	-	0,1312	2,5907	-
6	1,6648	0,5618	0,9625	-	1,5512	4,3426	-
7	0,6340	0,3165	0,9596	-	0,6175	2,2670	-
8	2,3542	0,5131	3,3741	-	0,5930	4,7419	-
9	3,6172	0,9729	2,8736	0,9926	0,7385	3,4940	-
10	2,0214	0,8724	2,9812	2,3051	0,9224	4,8069	1,9439
11	4,0912	0,6886	4,8021	2,3718	0,3080	8,7077	-
12	6,0870	1,3480	5,7037	2,3095	0,8684	3,8328	-
13	4,0590	1,1547	4,1676	-	0,7790	4,1123	-
14	4,8144	0,8461	4,9996	1,1354	0,6150	3,6442	-
15	6,5423	2,1434	7,4056	1,4780	2,6471	9,1915	-
16	7,8242	1,3481	8,8916	1,1978	1,2101	10,4143	-
17	7,4293	1,1266	6,4600	-	0,8738	4,2106	-
18	8,8847	1,4302	10,1012	4,4551	0,6032	4,4401	1,8057
19	11,7390	1,4554	17,0145	15,7874	0,6578	7,7400	1,7379
20	9,6803	1,2574	11,8014	3,2780	0,8713	6,1207	0,6283
21	9,1795	1,1678	11,5200	1,1200	0,6422	3,6633	-
22	14,0646	1,6773	14,3548	5,5403	0,6813	5,0010	-
23	6,1082	0,8652	7,3757	6,0481	0,5382	6,2883	4,2802
24	9,4632	1,3280	8,5590	3,4941	0,9124	5,6581	1,2226
25	14,1816	2,1189	20,9081	12,4195	1,3997	4,9255	-
26	10,2785	2,0362	12,1153	2,6115	1,4472	9,8521	-
27	9,7316	1,0439	14,2925	17,5217	0,5741	6,6606	-
28	10,6426	1,1500	12,0381	15,0534	0,7578	4,4854	2,8548
29	18,3294	1,4347	17,2575	13,3590	0,5420	6,5806	0,3686
30	16,2251	1,7302	15,9024	26,9253	0,6618	4,4873	3,3093
31	10,6453	2,0367	13,8033	6,6848	0,7154	5,4454	6,4650
32	24,7938	2,7212	22,5631	51,8712	0,8679	6,9383	4,1957
33	20,3522	1,6772	19,3110	31,6783	0,8723	5,8083	0,5492
34	14,2547	0,8496	19,2925	8,1137	0,6113	9,8443	0,4885
35	16,3536	2,6370	19,1230	44,0652	0,3275	4,4653	1,9990
36	19,1456	2,4309	26,4609	45,4209	0,5684	6,5925	3,7917
37	16,2961	2,2616	17,6973	16,3444	0,9418	9,0162	2,1727
38	23,1862	4,1853	30,3334	41,7582	1,9644	12,1566	0,4400
39	23,1444	2,3381	20,7959	47,1457	0,9234	10,5019	18,9933

TABELA 23. PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Árvore nº	Casca			Madeira		
	Fuste		Ponteiro	Fuste		Ponteiro
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
1	1,0428	0,8950	0,4887	4,9294	7,3752	3,8475
2	2,1843	0,9798	0,3336	12,2881	8,1355	2,1914
3	1,1822	0,8655	0,3402	4,3355	5,5220	2,1551
4	2,1395	0,6403	0,4041	18,7955	5,0394	2,1036
5	0,9386	1,2735	0,2965	6,8569	0,9408	2,1991
6	2,2871	0,7691	0,3847	12,3013	6,3370	2,8828
7	3,0808	1,0731	0,4053	13,5498	6,7313	2,4432
8	3,1333	1,5126	0,4138	16,1979	11,2915	2,7928
9	4,1805	1,1480	0,2858	29,7619	12,7562	2,5681
10	3,6026	1,4155	0,4032	21,0365	12,2622	2,5709
11	3,9728	1,5286	0,3002	35,8518	15,8094	2,1864
12	3,0717	2,0778	0,3032	24,5058	21,1793	2,3146
13	4,4090	2,2499	0,2651	35,3475	19,3435	1,3253
14	4,7282	2,8602	0,3253	42,5699	23,0953	1,8327
15	5,7418	2,6968	0,2797	53,2638	26,6535	1,8086
16	4,8236	2,4767	0,1855	52,4095	29,3461	1,3615
17	5,6051	3,0109	0,3623	52,5563	30,5399	1,8743
18	6,7023	3,2863	0,2922	60,3438	32,1567	1,1475
19	6,6992	4,5626	0,3869	71,1772	43,0991	2,0842
20	6,8594	3,6871	0,2014	63,3001	37,0382	1,0275
21	8,6896	4,2958	0,3642	62,8893	41,3976	1,9368
22	7,1350	4,4328	0,2537	68,5955	42,6874	1,6128
23	6,8677	3,8204	0,3001	76,5293	38,5878	1,7284
24	6,8861	3,2871	0,2826	71,8282	35,4790	1,4351
25	8,2345	6,6395	0,4796	81,0315	52,5937	2,5972
26	6,0384	3,2352	0,2904	65,8636	38,2597	1,6270
27	8,2339	4,8027	0,2446	79,4361	45,0952	1,4405
28	8,0299	4,1557	0,2728	92,8719	51,7867	1,5711
29	6,9256	5,0154	0,2275	77,5672	57,2495	1,4940
30	8,1887	5,4968	0,1924	89,4994	61,1136	1,3656
31	9,9815	5,3519	0,1960	101,0579	58,3725	1,0371
32	9,6886	4,9845	0,3963	113,2595	58,6154	2,4560
33	8,4983	5,6469	0,4365	111,0363	56,3620	2,4020
34	9,6943	6,7729	0,2597	100,1855	67,4171	1,5496
35	10,8988	7,0657	0,3071	112,5228	68,3467	1,5747
36	12,0070	4,5116	0,2377	145,0406	51,6695	1,1897
37	9,6934	6,0670	0,3128	125,5137	67,7144	1,6524
38	6,5672	9,3527	0,3924	92,7278	93,3817	1,9473
39	10,5192	6,5408	0,3645	146,0280	80,1196	1,9970

TABELA 24. PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS)

Árvore nº	Acículas vivas	Ramos Vivos			Ramos Mortos		
		Finos	Médios	Grossos	Finos	Médios	Grossos
1	0,2316	0,2179	1,9002	0,1859	0,0368	2,1501	3,6364
2	1,7367	0,8492	4,6475	-	0,3040	3,9779	-
3	4,2314	0,7408	5,5346	2,4320	0,2004	4,5257	-
4	6,0970	0,7308	10,3440	3,2475	0,5263	10,1093	1,7422
5	6,1948	0,8407	8,4428	-	0,6379	5,4813	1,2326
6	7,0430	1,7335	11,7796	2,9861	0,9933	7,2042	-
7	4,8944	0,8121	7,0189	3,3080	0,3667	3,4207	0,4097
8	9,4681	1,5677	10,8000	7,7112	0,5649	3,2289	0,9025
9	6,5745	0,8242	11,2673	5,9465	0,7881	7,0739	2,7750
10	8,0400	0,7215	13,2018	9,7619	0,2359	2,2612	3,5040
11	10,6814	1,3118	16,8977	10,6344	0,6128	7,3419	0,5419
12	13,1740	2,3222	16,1713	15,8513	0,3771	8,9652	2,4500
13	11,4838	2,0271	18,6618	20,9506	0,5806	8,3769	1,6158
14	13,1120	1,6595	18,4701	20,1332	0,9098	6,4632	7,6359
15	22,2978	2,4396	15,4814	41,8382	0,8654	12,0320	1,2867
16	12,8640	1,3541	17,2462	20,7911	0,3824	4,7783	3,9508
17	21,3294	1,5924	24,6848	48,7004	1,9863	7,8560	5,8723
18	17,4559	2,5544	22,7611	25,5906	0,4531	5,2710	-
19	15,6475	1,0677	16,4767	32,7539	0,2851	4,7617	5,3733
20	15,4650	1,4276	20,3978	55,9815	0,4949	5,6807	9,0510
21	21,5609	3,1754	27,7291	43,9055	1,2375	5,9892	7,4111
22	25,5292	3,5920	23,1122	64,5631	0,8456	4,9543	5,8472
23	21,6563	1,3812	27,8969	65,8828	0,3023	4,7425	7,4100
24	29,2424	3,2362	37,2126	89,0828	0,8659	7,2426	4,4452
25	31,9156	4,4037	41,6400	56,4094	0,7912	9,0859	2,5968

TABELA 25. PESO DE MATÉRIA SECA (kg) DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS)

Árvore nº	Casca			Madeira		
	Fuste		Ponteiro	Fuste		Ponteiro
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
1	2,0926	1,8151	0,4894	13,3030	17,4325	3,7507
2	4,4873	1,6054	0,6620	21,8928	14,1348	3,8758
3	3,7858	2,0618	0,3989	38,1462	26,8160	2,9084
4	5,9080	2,8757	0,2315	45,4485	31,6432	1,5636
5	5,7024	3,1837	0,3607	47,0294	34,5786	2,6715
6	6,6313	4,1410	0,4466	58,1867	45,0132	2,3958
7	6,5949	2,8907	0,3179	75,1270	41,0722	1,7063
8	7,7290	4,5571	0,3764	95,9387	54,3987	2,2606
9	8,4794	3,7961	0,2767	82,6994	43,1493	1,8054
10	7,5045	4,9776	0,3108	108,3155	70,6468	2,4158
11	8,1549	4,8737	0,2758	123,7409	71,1839	1,7851
12	9,0695	4,3086	0,2651	114,7349	53,6961	1,6569
13	10,5061	4,5808	0,2372	133,8906	62,5698	1,3683
14	11,5586	6,1728	0,3346	138,5197	69,7733	1,9448
15	12,6872	8,0339	0,3872	172,4880	93,4380	2,1816
16	14,2952	6,6899	0,4958	149,8118	77,4039	2,6718
17	14,5073	8,4635	0,2414	177,1443	107,9688	1,2127
18	16,4296	10,3416	0,4514	185,5216	113,2912	2,0383
19	16,8638	6,1457	0,2845	223,5361	76,5282	1,6772
20	13,6844	8,7068	0,2823	218,4218	116,4568	1,3789
21	20,0271	8,8471	0,3172	218,3262	110,6956	1,8498
22	20,9291	9,0758	0,3135	214,2120	109,7154	1,9184
23	16,7508	7,5188	0,2375	206,7087	95,9853	1,2024
24	21,0926	12,9279	0,3198	231,1718	138,8362	1,9336
25	17,9432	9,5982	0,2621	298,9041	147,7685	1,6606

Na idade de 7 anos (povoamento de 1ª desbaste), os ramos vivos e grossos estão em estágio inicial de desenvolvimento, só aparecendo nas árvores com DAP acima de 12 cm e de maneira irregular. Apenas 37% das árvores amostradas apresentaram ramos vivos grossos e que não apresentaram correlação com o DAP. Portanto, não foi possível estimar o peso de matéria seca deste componente em função do DAP. Também PINHEIRO observou que o peso de matéria seca dos ramos grossos (2,5 a 7,6 cm de diâmetro) das árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* com 7,5 anos de idade não pode ser estimado em função do DAP e por nenhuma das outras variáveis independentes analisadas. 51

Observa-se na Tabela 26 que o número de árvores amostradas no povoamento de 2ª desbaste (39 árvores) foi suficiente para estimar o peso médio de matéria seca da casca e madeira do ponteiro das árvores. Nos demais casos, os números de árvores amostradas (51 árvores e 25 árvores, respectivamente no 1ª e 3ª desbaste) não foram suficientes, devido à maior variação de peso de matéria seca dos componentes em questão. Mesmo assim, estas médias foram utilizadas na estimativa dos pesos de matéria seca por ha dos componentes em questão.

Em trabalhos dessa natureza, os dados complementares para estimar o peso de matéria seca de casca ou de ponteiro podem ser coletados durante a operação de desbaste. VAN LEAR *et alii* determinaram o peso de matéria seca do ponteiro através da diferença entre o peso de matéria seca do caule e o peso de matéria seca do fuste comercial, estimados através de equações de regressão em função do DAP. O peso de matéria seca da madeira e casca do ponteiro foi calculado a partir da

TABELA 26. PESO MÉDIO DE MATÉRIA SECA (kg) E TAMANHO MÍNIMO DA AMOSTRA (n) DA CASCA E MADEIRA DO PONTEIRO DAS ÁRVORES AMOSTRADAS DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Ponteiro			
	Casca		Madeira	
	Peso (kg) (1)	n (2)	Peso (kg) (1)	n (2)
1ª	0,3459 ± 0,0419	75	2,0335 ± 0,2225	62
2ª	0,3179 ± 0,0255	26	1,9316 ± 0,1893	38
3ª	0,3431 ± 0,0423	39	2,0734 ± 0,2837	47

(1) Média com intervalo de confiança ao nível de 5% de probabilidade e

(2) n = número de árvores

proporção de madeira e casca de discos coletados nesta parte do caule das árvores amostradas.<sup>70</sup>

5.5.2.1 Copa viva - As equações estimadoras do peso de matéria seca dos componentes da copa viva das árvores dos povoa-mentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste são apresentadas nas Tabelas 27, 28 e 29, respectivamente.

Com relação às acículas, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) da equação formada a partir da variável DAP diminui com o aumento do número de idade de desbaste. Na idade de 1ª desbaste, a variável DAP estimou relativamente bem o peso de matéria seca das acículas, apresentando valor de  $R^2$  igual a 0,93. A variável de maior correlação ( $DAP^2 \cdot Cv$ ) com o peso de acículas elevou o valor de  $R^2$  apenas para 0,94 e a introdução de uma segunda variável não trouxe benefício à equação,

TABELA 27. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DA COPA VIVA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Componentes	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Acículas	a) Ln P = -5,84213 + 2,79208 Ln DAP	0,93	0,303021	28,16	638,76**
	b) Ln P = -5,52432 + 1,00542 Ln (DAP <sup>2</sup> .Cv)	0,94	0,280486	26,07	753,72**
	c) Ln P = -5,57016 + 1,05248 Ln (DAD <sup>2</sup> .Cv) - 0,162945 Ln Cv	0,94	0,282972	26,30	370,34**
Ramos Finos	a) Ln P = -6,16927 + 2,19765 Ln DAP	0,77	0,467889	64,62	165,98**
	b) Ln P = -3,62950 + 1,61999 Ln (DAP x Cv/H)	0,80	0,437169	60,38	197,26**
	c) Ln P = -3,17369 + 2,09018 Ln (DAP x Cv/H) - 0,807302 Ln Cv	0,81	0,434805	60,05	100,47**
Ramos Médios	a) Ln P = -5,92885 + 2,85207 Ln DAP	0,91	0,345988	30,41	511,24**
	b) Ver ítem a)				
	c) Ln P = -5,09174 + 2,12628 Ln DAP + 0,535948 Ln (DAP.Cv/H)	0,91	0,344701	30,29	258,21**
Copa Viva Total	a) Ln P = -2,49968 + 1,96365 Ln DAP	0,93	0,218275	9,23	608,91**
	b) Ver ítem a)				
	c) Ln P = -2,87955 + 1,23283 Ln DAP + 0,302205 Ln (DAP <sup>2</sup> x H)	0,93	0,218782	9,25	303,43**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 28. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DA COPA VIVA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Componentes	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Acículas	a) Ln P = -7,05807 + 2,95619 Ln DAP	0,86	0,400351	21,40	225,28**
	b) Ln P = -7,82253 + 1,7508 Ln (DAP.Hc)	0,91	0,311735	16,67	395,59**
	c) Ln P = -7,61798 + 1,46971 Ln (DAP.Hc) + 0,702368 Ln Cv	0,93	0,278751	14,90	254,89**
Ramos Finos	a) Ln P = -5,01691 + 1,70608 Ln DAP	0,74	0,332435	244,44	108,82**
	b) Ln P = -3,24027 + 1,25058 Ln (DAP.Hc/H)	0,77	0,314519	231,26	125,91**
	c) Ln P = 0,978208 + 3,78559 Ln (DAP.Hc/H) - 1,29284 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,78	0,310446	228,27	65,61**
Ramos Médios	a) Ln P = -6,47697 + 2,815 Ln DAP	0,85	0,400221	19,75	204,47**
	b) Ln P = -6,91363 + 1,04481 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,87	0,372223	18,37	242,16**
	c) Ln P = -6,82837 + 0,951021 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) + 0,372722 Ln Cv	0,87	0,368333	18,18	124,54**
Ramos Grossos	a) Ln P = -13,3327 + 4,84468 Ln DAP	0,70	0,726966	36,44	62,48**
	b) Ln P = -13,7153 + 1,87818 Ln (DAP <sup>2</sup> .Cv)	0,71	0,707326	35,25	67,52**
	c) Ln P = -7,62887 + 2,5892 Ln (DAP <sup>2</sup> .Cv) - 4,56927 Ln Hc	0,77	0,643529	32,25	44,09**
Copa Viva	a) Ln P = -4,7343 + 2,6242 Ln DAP	0,89	0,313528	9,82	289,40**
	b) Ln P = -4,4577 + 0,9604 Ln DAP <sup>2</sup>	0,89	0,304138	9,53	309,76**
Total	c) Não calculado				

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 29. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS COMPONENTES DA COPA VIVA DAS ÁR  
 VORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA  
 VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Componentes	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Acículas	a) Ln P = -7,37932 + 2,98347 Ln DAP	0,69	0,59292	25,93	51,03**
	b) Ln P = -10,2559 + 2,07018 Ln (DAP.Hc)	0,88	0,36911	16,14	168,04**
	c) Ln P = -4,69361 + 4,4388 Ln (DAP.Hc) - 3,15977 Ln (DAP.H)	0,93	0,29405	12,86	139,51**
Ramos Finos	a) Ln P = -5,32081 + 1,74795 Ln DAP	0,58	0,44114	128,87	31,65**
	b) Ln P = -3,71556 + 1,35419 Ln (DAP.Hc/H)	0,64	0,40751	119,04	40,04**
	c) Ln P = 3,4617 + 1,91294 Ln (DAP.Hc/H) - 2,89059 Ln H	0,68	0,39310	114,83	23,41**
Ramos Médios	a) Ln P = -4,27629 + 2,14069 Ln DAP	0,81	0,30383	11,43	100,06**
	b) Ln P = -2,36176 + 1,67562 Ln (DAP.Hc/H)	0,92	0,20067	7,55	259,11**
	c) Ln P = -3,36574 + 3,11331 Ln (DAP.Hc/H) - 1,59242 Ln (DAP.H)	0,94	0,17611	6,62	172,13**
Ramos Grossos	a) Ln P = -13,5962 + 4,9743 Ln DAP	0,86	0,55486	20,58	132,30**
	b) Ln P = -9,41187 + 3,97247 Ln (DAP.Hc/H)	0,96	0,31430	11,66	456,78**
	c) Ln P = -8,61807 + 4,5227 Ln (DAP.Hc/H) - 0,377203 Ln (DAP <sup>2</sup> )	0,96	0,31637	11,73	225,77**
Copa Viva Total	a) Ln P = -5,16962 + 2,77474 Ln DAP	0,93	0,226791	5,94	301,72**
	b) Ln P = -6,21123 + 1,07881 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,94	0,201077	5,26	390,08**
	c) Ln P = -1,96698 + 1,2805 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) - 1,99845 Ln H	0,96	0,181689	4,76	241,97**

\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

inclusive aumentando o desvio padrão em percentagem ( $s_{yx}\%$ ) e diminuindo o valor de F. Tanto para o povoamento de 2ª como para o de 3ª desbaste, a variável que melhor estimou o peso das acículas foi (DAP . Hc). No povoamento de 3ª desbaste, o valor de  $R^2$  da equação formada a partir da variável (DAP . Hc) foi 27,5% mais elevado do que o da equação formada a partir do DAP.

Os valores de  $R^2$  e F das equações estimadoras do peso de ramos finos em função do DAP foram superiores nos povoamentos de 1ª e 2ª desbaste em relação ao de 3ª desbaste. Nos três casos, os valores de  $s_{yx}\%$  foram muito elevados, principalmente no povoamento de 2ª desbaste. No 1ª desbaste, a variável de maior correlação com o peso de ramos finos foi (DAP . Cv/H) e nos outros desbastes foi (DAP . Hc/H).

Na estimativa do peso dos ramos médios e para o povoamento de 1ª desbaste, o processo seletivo escolheu a variável DAP com um valor de  $R^2$  igual a 0,91. Nos povoamentos de 2ª e 3ª desbastes, as variáveis escolhidas foram, respectivamente, (DAP<sup>2</sup> . Hc) e (DAP . Hc/H).

Na estimativa do peso de ramos grossos do povoamento de 2ª desbaste, a equação formada a partir do DAP praticamente não diferiu da equação formada a partir da variável de maior correlação (DAP<sup>2</sup> . Cv), com base nos parâmetros indicadores de precisão  $R^2$ ,  $s_{yx}\%$  e F. No povoamento de 3ª desbaste, a variável de maior correlação com o peso de ramos grossos (DAP . Hc/H) aumentou o valor de  $R^2$  em 11,6% e abaixou o valor de  $s_{yx}\%$  em 43,3%, em relação à variável DAP.

O fato das variações do peso de ramos vivos médios das árvores dos povoamentos de 1ª e 2ª desbaste terem sido melhor

explicadas pelas equações de regressão, em função do DAP ou de outra variável independente selecionada, do que a variação do peso de ramos finos ou grossos, também foi observado por PINHEIRO nos povoamentos de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* aos 7,5 anos de idade.<sup>51</sup> No povoamento de 3º desbaste, pela regressão linear, a variação dos ramos grossos foi melhor explicada do que a variação dos ramos médios e esta foi melhor explicada do que a variação dos ramos finos.

Em função do DAP, a variação do peso da copa viva total foi melhor explicada pela regressão linear do que a variação do peso de seus componentes separadamente. O agrupamento dos componentes da copa viva reduziu sensivelmente o valor de  $s_{xy}^2$ .

No povoamento de 1º desbaste, o DAP foi a variável mais eficiente para estimar o peso da copa viva total das árvores. Do mesmo modo foi a variável mais eficiente para estimar o peso de copa viva das árvores de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* aos 7,5 anos de idade (PINHEIRO<sup>51</sup>).

5.5.2.2 Ramos mortos - As equações estimadoras do peso de matéria seca dos ramos mortos das árvores dos povoamentos de 1º, 2º e 3º desbaste estão contidas nas Tabelas 30, 31 e 32, respectivamente.

Nos povoamentos de 1º e 2º desbaste, os ramos médios foram mais representativos do que os ramos finos em termos de peso (Tabelas 20 e 22) e em relação aos valores de  $R^2$  (Tabelas 30 e 31). Com relação ao povoamento de 1º desbaste, apesar da equação estimadora do peso de matéria seca dos ramos médios em função do DAP apresentar valor de  $R^2$  igual a 0,61,

TABELA 30. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS RAMOS MORTOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Ramos Mortos	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Finos	a) $\ln P = -3,35719 + 0,898465 \ln \text{DAP}$	0,34	0,490564	43,37	25,24**
	b) Ver ítem a)				
	c) $\ln P = -3,76279 + 4,58897 \ln \text{DAP} - 1,33114 \ln (\text{DAP}^2 \cdot \text{Cv})$	0,42	0,463762	41,00	17,53**
Médios	a) $\ln P = -4,690066 + 1,74682 \ln \text{DAP}$	0,61	0,552712	152,48	75,15**
	b) Ver ítem a)				
	c) $\ln P = -5,91373 - 22,4818 \ln \text{DAP} + 12,3611 \ln (\text{H})$	0,78	0,420368	115,97	83,31**
Total	a) $\ln P = -3,2003 + 1,31838 \ln \text{DAP}$	0,55	0,465851	702,52	60,26**
	b) Ver ítem a)				
	c) $\ln P = -3,47884 + 2,93849 \ln \text{DAP} - 0,914056 \ln (\text{DAP} \cdot \text{Cv})$	0,58	0,455096	686,31	33,24**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 31. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS RAMOS MORTOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Ramos Mortos	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Finos	a) Ln P = -2,18257 + 0,6047 Ln DAP	0,12	0,541094	151,92	5,16*
	a) Ln P = -1,66544 + 1,08862 Ln DAP	0,50	0,366605	22,60	36,43**
Médios	b) Ln P = -0,520186 + 0,793664 Ln (DAP.Hc/H)	0,51	0,362151	22,32	38,25**
	c) Ln P = -0,668328 + 1,11068 Ln (DAP.Hc/H) - 0,335707 Ln (DAP.Cv/H)	0,53	0,359982	22,19	20,08**
Total	a) Ln P = -2,2664 + 1,3843 Ln DAP	0,61	0,369888	19,32	57,87**
	b) Ver ítem a)				
	c) Ln P = -2,95152 + 1,86301 Ln DAP - 0,360859 Ln (DAP.Cv/H)	0,62	0,367720	19,21	30,00**

\* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 32. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DOS RAMOS MORTOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Ramos Mortos	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>%</sup>	F
Finos	a) Ln P = -4,59967 + 1,20665 Ln DAP	0,21	0,702077	101,70	5,95*
Médios	a) Ln P = 0,0942249 + 0,504329 Ln DAP	0,11	0,416046	24,07	2,96 <sup>NS</sup>
Grossos	a) Ln P = -5,2343 + 1,90617 Ln DAP	0,34	0,741078	71,95	9,67**
	b) Ln P = -2,54517 + 1,43638 Ln (DAP.Cv/H)	0,37	0,725405	70,43	10,92**
	c) Ln P = 0,218104 + 1,76817 Ln (DAP.Cv/H) - 1,2605 Ln Hc	0,42	0,708429	68,78	6,69*
Total	a) Ln P = -1,06796 + 1,01284 Ln DAP	0,46	0,325734	14,72	19,49**
	b) Ln P = -1,06794 + 0,506416 Ln DAP <sup>2</sup>	0,46	0,325776	14,72	19,49**
	c) Ln P = 1,81498 + 0,648172 Ln DAP <sup>2</sup> - 1,24141 Ln H	0,49	0,324103	14,64	10,46**

NS = Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

\* = Significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

não muito baixo, o desvio padrão em percentagem ( $s_{yx}\%$ ) foi muito alto (152,48), mostrando que a variação do peso de matéria seca dos ramos médios em função do aumento do DAP das árvores não se ajustou através da equação de regressão linear. O mesmo aconteceu para os ramos mortos totais das árvores de 1ª desbaste.

Com relação ao povoamento de 2ª desbaste, a equação estimadora do peso de matéria seca dos ramos médios em função do DAP também não foi precisa, apresentando baixo valor de  $R^2$  (0,50) e alto valor de  $s_{yx}\%$  (22,60). A variação dos ramos mortos totais foi um pouco melhor explicada através da equação de regressão em função do DAP, com valores de  $R^2$  e de  $s_{yx}\%$  iguais a 0,61 e 19,32, respectivamente, do que a variação do peso de ramos finos ou médios separadamente.

Com relação ao povoamento de 3ª desbaste, os valores baixos de  $R^2$  e altos de  $s_{yx}\%$  (Tabela 32) indicam que as equações de regressão não explicam as variações dos pesos de matéria seca dos ramos mortos.

Em todos os casos, a equação estimadora do peso de matéria seca dos ramos mortos, em função da variável de maior correlação, que não o DAP, ou a introdução de uma segunda variável, também não explicou com precisão a variação do peso de matéria seca dos ramos mortos. A desrama artificial, a variação da capacidade de desrama natural entre árvores, as diferenças de luminosidade no interior do povoamento são algumas das prováveis causas de variação muito grande que ocorre no peso de ramos mortos de uma árvore para outra.

Como de modo geral as equações de regressão apresentaram baixos valores de  $R^2$ , altos valores de  $s_{yx}\%$  e casos de baixo valor de F, os pesos de matéria seca dos ramos mortos

não foram estimados.- PINHEIRO, também obteve equações estimadoras do peso de matéria seca de ramos mortos de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* com baixa precisão. A melhor equação obtida em função do DAP, com relação aos ramos mortos de *P. caribaea* var. *hondurensis*, foi para estimar o peso dos ramos médios (0,7 a 2,5 cm de diâmetro), com valor de  $R^2$  igual a 0,58 e valor de  $s_{yx}^2$  igual a 8,9. Para o *P. oocarpa*, a melhor equação em função do DAP também foi para estimar o peso de ramos médios, com valor de  $R^2$  igual a 0,62 e valor de  $s_{yx}^2$  igual a 13,59. O limite máximo de confiabilidade de  $s_{yx}^2$  para PINHEIRO foi de 10%.<sup>51</sup> A equação estimadora de peso de matéria seca de ramos mortos em função da variável (DAP<sup>2</sup> . H), obtida por ALEMDAG & STIELL para *P. resinosa*, apresentou valor de  $R^2$  igual a 0,22 e valor de  $s_{yx}^2$  igual a 86,2, comprovando assim a dificuldade de estimativa destes componentes.<sup>3</sup>

5.5.2.3 Casca - As Tabelas 33, 34 e 35 reúnem as equações estimadoras do peso de matéria seca da casca do fuste das árvores, respectivamente dos povoamentos de 1φ, 2φ e 3φ desbaste.

O peso seco da casca total do fuste pode ser bem estimado em função da variável DAP, com base nos valores de  $R^2$ ,  $s_{yx}^2$  e F. No povoamento de 1φ desbaste, o valor de  $s_{yx}^2$  foi relativamente alto (31,68). Nos povoamentos de 2φ e 3φ desbaste, os baixos valores de  $s_{yx}^2$  (7,50 e 5,98, respectivamente) indicam uma maior precisão de estimativa das equações em função do DAP.

Os valores de  $R^2$  das equações estimadoras do peso de casca indicaram que foi possível subdividir o fuste em inferior e superior. Entretanto, para o povoamento de 1φ desbas-

TABELA 33. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA CASCA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Fuste	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Inferior	a) Ln P = -5,99693 + 2,38828 Ln DAP	0,95	0,181800	170,35	800,25**
	b) Ver ítem a)				
	c) Ln P = -5,76706 + 2,24993 Ln DAP + 0,0657275 Ln (DAP.Hc/H)	0,95	0,183469	171,91	392,98**
Superior	a) Ln P = -7,03637 + 2,76974 Ln DAP	0,79	0,433154	372,53	159,93**
	b) Ln P = -3,62297 + 2,16419 Ln Hc	0,94	0,234928	202,05	644,44**
	c) Ln P = -3,49982 + 1,80808 Ln Hc + 0,251091 Ln (DAP.Hc/H)	0,94	0,235360	202,42	321,46**
Total	a) Ln P = -6,13023 + 2,69958 Ln DAP	0,93	0,243594	31,68	569,51**
	b) Ln P = -4,57481 + 0,788707 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,97	0,147915	19,24	1619,92**
	c) Ln P = -3,81201 + 0,958193 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) - 0,256578 Ln (DAP <sup>2</sup> .H)	0,97	0,146141	19,00	830,78**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 34. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA CASCA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Fuste	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Inferior	a) Ln P = -3,93214 + 1,8477 Ln DAP	0,86	0,244523	14,83	235,92**
	b) Ln P = -4,44445 + 1,10053 Ln (DAP.Hc)	0,93	0,174642	10,59	498,02**
	c) Ln P = -4,54161 + 1,4224 Ln (DAP.Hc) - 0,211526 Ln (DAP.Cv/H)	0,94	0,169640	10,29	265,52**
Superior	a) Ln P = -5,3051 + 2,1081 Ln DAP	0,92	0,212875	20,04	405,12**
	b) Ln P = -6,9462 + 0,902107 Ln (DAP <sup>2</sup> .H)	0,92	0,210858	19,85	413,70**
	c) Ln P = -6,49301 + 0,814721 Ln (DAP <sup>2</sup> .H) + 1,53002 Ln (DAP.Cv/H)	0,92	0,211650	19,93	205,67**
Total	a) Ln P = -3,70884 + 1,92446 Ln DAP	0,94	0,159666	7,59	600,25**
	b) Ln P = -4,02428 + 0,716157 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,97	0,114155	5,43	1209,64**
	c) Ln P = -4,0727 + 0,915389 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) - 0,548402 Ln DAP	0,97	0,112724	5,36	621,25**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 35. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA CASCA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Fuste	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Inferior	a) Ln P = -3,98025 + 1,9333 Ln DAP	0,90	0,187471	8,21	214,33**
	b) Ln P = -2,06714 + 1,45174 Ln (DAP.Hc/H)	0,94	0,148797	6,52	353,74**
	c) Ln P = -1,57522 + 1,62551 Ln (DAP.Hc/H) - 0,359233 Ln Hc	0,94	0,146381	6,41	183,64**
Superior	a) Ln P = -4,30427 + 1,83463 Ln DAP	0,88	0,202167	12,33	165,99**
	b) Ln P = -5,02282 + 0,716507 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,90	0,182644	11,14	208,56**
	c) Ln P = -5,12501 + 0,527651 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) + 0,337658 Ln (DAP.Cv)	0,91	0,181231	11,05	106,59**
Total	a) Ln P = -3,42083 + 1,89228 Ln DAP	0,92	0,162128	5,98	274,58**
	b) Ln P = -4,18015 + 0,740979 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,95	0,128794	4,75	448,55**
	c) Ln P = -2,94631 + 0,799593 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) - 0,580913 Ln H	0,95	0,128710	4,75	225,08**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

te, os valores de  $s_{\hat{y}_x}^2$  das equações estimadoras do peso de casca do fuste inferior ou superior foram muito elevados.

No povoamento de 1ª desbaste (Tabela 33), a variável que melhor estimou o peso de casca do fuste inferior foi o DAP. A introdução de uma segunda variável aumentou o valor de  $s_{\hat{y}_x}^2$  e abaixou o valor de F, diminuindo a precisão de estimativa. A variável que melhor estimou o peso de casca do fuste superior foi a Hc.

No povoamento de 2ª desbaste (Tabela 34), a variável que melhor estimou o peso de casca do fuste interior foi (DAP . Hc) e do fuste superior foi (DAP<sup>2</sup> . H). Em ambos os casos, a variável DAP estimou o peso de casca com precisão semelhante.

No povoamento de 3ª desbaste (Tabela 35), também a variável DAP estimou o peso de casca do fuste inferior e do fuste superior com precisão semelhante às variáveis de melhor correlação com o peso de casca (DAP . Hc/H e DAP<sup>2</sup> . Hc, respectivamente para fuste inferior e superior).

5.5.2.4 Madeira - As equações estimadoras do peso de matéria seca da madeira do fuste das árvores dos povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste estão contidas nas Tabelas 36, 37 e 38, respectivamente.

Para as três idades de desbaste, a variável DAP estimou o peso de madeira total do fuste com o valor de  $R^2$  acima de 0,90 e de  $s_{\hat{y}_x}^2$  abaixo de 10,0, ou seja, com precisão bastante aceitável. Entretanto, também para as três idades, a variável escolhida pelo processo seletivo (DAP . Hc) estimou o peso de madeira total do fuste com precisão sensivelmente superior,

TABELA 36. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA MADEIRA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Fuste	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Inferior	a) Ln P = -5,1862 + 2,83706 Ln DAP	0,96	0,184511	8,94	1096,30**
	b) Ver ítem a)				
	c) Ln P = -4,6951 + 2,48603 Ln DAP + 0,243625 Ln Hc	0,96	0,178805	8,66	585,62**
Superior	a) Ln P = -5,46291 + 2,9386 Ln DAP	0,81	0,432573	20,35	180,51**
	b) Ln P = -1,83816 + 2,29426 Ln Hc	0,96	0,199010	9,36	1009,25**
	c) Ln P = -2,2718 + 2,08283 Ln Hc + 0,186374 Ln (DAP.Cv)	0,96	0,198245	9,33	509,19**
Total	a) Ln P = -5,05556 + 3,05155 Ln DAP	0,94	0,257497	9,39	651,23**
	b) Ln P = -2,48841 + 1,23979 Ln (DAP.Hc)	0,99	0,100501	3,66	4519,87**
	c) Ln P = -2,95398 + 1,0376 Ln (DAP.Hc) + 0,194145 Ln (DAP <sup>2</sup> .Cv)	0,99	0,093687	3,42	2604,47**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 37. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DE MATÉRIA SECA DA MADEIRA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Fuste	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Inferior	a) Ln P = -4,34746 + 2,70686 Ln DAP	0,91	0,283730	7,41	376,06**
	b) Ln P = -5,07647 + 1,60838 Ln (DAP.Hc)	0,98	0,147938	3,86	1482,37**
	c) Ln P = -4,44338 + 2,15818 Ln (DAP.Hc) - 0,4142 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,98	0,141515	3,70	812,22**
Superior	a) Ln P = -4,1339 + 2,46976 Ln DAP	0,94	0,205034	6,17	599,51**
	b) Ln P = -6,09826 + 1,06157 Ln (DAP <sup>2</sup> .H)	0,95	0,186510	5,61	732,22**
	c) Ln P = -5,98883 + 1,0139 Ln (DAP <sup>2</sup> .H) + 0,163021 Ln Cv	0,95	0,185673	5,58	370,09**
Total	a) Ln P = -3,46782 + 2,57638 Ln DAP	0,95	0,194501	4,59	724,95**
	b) Ln P = -4,03535 + 1,50803 Ln (DAP.Hc)	0,99	0,090762	2,14	3462,19**
	c) Ln P = -4,26109 + 1,31239 Ln (DAP.Hc) + 0,147442 Ln (DAP <sup>2</sup> .H)	0,99	0,090179	2,13	1754,29**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 38. EQUAÇÕES ESTIMADORAS DO PESO DA MATÉRIA SECA DA MADEIRA DO FUSTE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS): a) EM FUNÇÃO DO DAP; b) EM FUNÇÃO DA VARIÁVEL DE MAIOR CORRELAÇÃO E c) INTRODUÇÃO DE UMA SEGUNDA VARIÁVEL

Fuste	Equações	R <sup>2</sup>	s <sub>yx</sub>	s <sub>yx</sub> <sup>2</sup>	F
Inferior	a) Ln P = -3,66925 + 2,57706 Ln DAP	0,89	0,271050	5,79	182,21**
	b) Ln P = -5,44174 + 1,67062 Ln (DAP.Hc)	0,99	0,085259	1,82	2050,98**
	c) Ln P = -5,46544 + 1,59563 Ln (DAP.Hc) + 0,0868631 Ln (DAP.Cv)	0,99	0,086051	1,84	1007,00**
Superior	a) Ln P = -2,42526 + 2,02338 Ln DAP	0,88	0,20460	5,34	169,79**
	b) Ln P = -3,35515 + 0,805002 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc)	0,94	0,159909	3,87	343,43**
	c) Ln P = -3,71596 + 0,690015 Ln (DAP <sup>2</sup> .Hc) + 0,631766 Ln Cv	0,95	0,148717	3,60	200,83**
Total	a) Ln P = -2,49374 + 2,35693 Ln DAP	0,90	0,226670	4,41	217,93**
	b) Ln P = -4,00195 + 1,50929 Ln (DAP.Hc)	0,98	0,095554	1,86	1332,75**
	c) Ln P = -4,08217 + 1,26022 Ln (DAP.Hc) + 0,288775 Ln (DAP.Cv)	0,99	0,084000	1,63	886,20**

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade

com valor de  $R^2$  acima de 0,94 e de  $s_{yx}^2$  abaixo de 3,66. Nestes casos, o aumento de precisão com a introdução de uma segunda variável às equações foi insignificante.

Como para casca, o fuste pôde ser subdividido para estimar o peso de madeira do fuste inferior e superior, sem diminuir muito a precisão de estimativa.

No povoamento de 1ª desbaste (Tabela 36), a variável que melhor estimou o peso de madeira do fuste inferior foi o DAP. Para estimar o peso de madeira do fuste superior, a variável escolhida no processo seletivo (Hc) proporcionou uma precisão bem superior à variável DAP.

No povoamento de 2ª desbaste (Tabela 37), a variável que melhor estimou o peso de madeira do fuste inferior foi (DAP . Hc) e do fuste superior foi (DAP<sup>2</sup> . H). No povoamento de 3ª desbaste (Tabela 38), a variável que melhor estimou o peso de madeira do fuste inferior também foi (DAP . Hc) e do fuste superior foi (DAP<sup>2</sup> . Hc). Nestes casos, com exceção da madeira do fuste superior do povoamento de 2ª desbaste, a variável DAP estimou o peso de madeira com precisão inferior à variável escolhida no processo seletivo. Porém, a precisão de estimativa da variável DAP está dentro de um limite bem aceitável, com valores de  $R^2$  acima de 0,89 e valores de  $s_{yx}^2$  abaixo de 7,41.

No sentido de comparar a precisão com que a variável DAP estimou o peso de matéria seca dos componentes das árvores entre si, foram adotados os seguintes critérios: considerou-se alta precisão de estimativa para as equações com valores de  $R^2$  acima de 0,88 e valores de  $s_{yx}^2$  abaixo de 31,68, sendo que quando o valor de  $R^2$  esteve entre 0,88 e 0,90, o valor de

$s_{yx}$  foi inferior a 10; média precisão de estimativa para as equações com valores de  $R^2$  entre 0,69 e 0,88 e valores de  $s_{yx}$  abaixo de 36,44; baixa precisão de estimativa para as equações com valores de  $R^2$  abaixo de 0,69 e/ou valores de  $s_{yx}$  acima de 36,44. Sendo assim, considerou-se que para o povoamento de 1º desbaste, a variável DAP estimou a biomassa de acículas, ramos médios, copa viva total, casca do fuste total, madeira do fuste inferior e do fuste total com alta precisão; casca do fuste inferior e madeira do fuste superior com média precisão e casca do fuste superior e ramos finos com baixa precisão. Para o povoamento de 2º desbaste, a variável DAP estimou a biomassa de copa viva total, casca do fuste superior e do fuste total e madeira comercial com alta precisão, acículas, ramos médios e grossos e casca do fuste inferior com média precisão e ramos finos com baixa precisão. Para o povoamento de 3º desbaste, a variável DAP estimou a biomassa de copa viva total, casca do fuste inferior e do fuste total e madeira comercial com alta precisão, acículas, ramos médios e grossos e casca do fuste superior com média precisão e ramos finos com baixa precisão.

De modo geral, a precisão diminuiu ao se estimar a biomassa dos componentes do fuste ou da copa separadamente. A biomassa dos componentes do fuste foi estimada com maior precisão do que a biomassa dos componentes da copa. Estas observações também foram constatadas por SINGH que trabalhou com 10 espécies florestais diferentes.<sup>60</sup> PINHEIRO recomenda o uso da variável DAP para as determinações dos pesos das copas e seus componentes de *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa* aos 7,5 anos de idade.<sup>51</sup> VAN LEAR *et alii* obteve equações para

estimar os pesos dos componentes da parte aérea de *P. taeda* aos 41 anos de idade, em função do DAP, com valores de  $R^2$  variando de 0,937 para as acículas a 0,985 para o caule.<sup>70</sup>

### 5.5.3 Teores de nutrientes

Os teores de nutrientes das acículas do segundo verticilo superior das árvores dos três povoamentos são apresentados na Tabela 39.

TABELA 39. TEORES DE NUTRIENTES DAS ACÍCULAS DO SEGUNDO VERTICULO SUPERIOR DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS).

Desbaste	%				
	N	P	K	Ca	Mg
1º	2,03	0,110	0,569	0,215	0,089
2º <sup>(1)</sup>	1,71	0,120	0,564	0,194	0,079
3º	1,72	0,117	0,390	0,187	0,087
	ppm				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1º	166	386	13,7	30,0	25,9
2º <sup>(1)</sup>	135	253	10,6	27,5	16,3
3º	141	274	8,8	22,5	17,5

(1) Médias de duas repetições (dez árvores por repetição).

Os teores médios de nutrientes dos componentes das árvores estão relacionados nas Tabelas de número 40 a 45.

TABELA 40. TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Componentes		N	P	K	Ca	Mg
Acículas Vivas		1,993 ± 0,511 <sup>(1)</sup>	0,099 ± 0,009	0,517 ± 0,056	0,282 ± 0,084	0,096 ± 0,007
Ramos Vivos	Finos	0,778 ± 0,054	0,055 ± 0,009	0,249 ± 0,022	0,229 ± 0,068	0,059 ± 0,009
	Médios	0,525 ± 0,049	0,029 ± 0,008	0,164 ± 0,013	0,147 ± 0,017	0,042 ± 0,008
	Grossos	0,363 ± 0,029	0,009 ± 0,002	0,089 ± 0,005	0,117 ± 0,024	0,030 ± 0,008
Ramos Mortos	Finos	0,325 <sup>(2)</sup>	0,025	0,102	0,225	0,038
	Médios	0,160	0,011	0,065	0,144	0,016
Casca	FI <sup>(3)</sup>	0,366 ± 0,026	0,028 ± 0,001	0,173 ± 0,026	0,209 ± 0,063	0,040 ± 0,014
	FS <sup>(4)</sup>	0,472 ± 0,063	0,049 ± 0,013	0,259 ± 0,047	0,175 ± 0,088	0,049 ± 0,015
	Pt <sup>(5)</sup>	0,663 ± 0,154	0,076 ± 0,012	0,352 ± 0,147	0,176 ± 0,042	0,058 ± 0,009
Madeira	FI <sup>(3)</sup>	0,194 ± 0,035	0,011 ± 0,001	0,062 ± 0,013	0,077 ± 0,010	0,014 ± 0,001
	FS <sup>(4)</sup>	0,130 ± 0,292	0,014 ± 0,003	0,071 ± 0,011	0,067 ± 0,016	0,016 ± 0,001
	Pt <sup>(5)</sup>	0,188 ± 0,008	0,012 ± 0,008	0,085 ± 0,022	0,058 ± 0,013	0,022 ± 0,003

(1) Médias com intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade; (2) Média de 2 repetições; (3) Fuste Inferior; (4) Fuste Superior e (5) Ponteiro

TABELA 41. TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Componentes		Fe	Mn	Cu	Zn	B
Acículas Vivas		130,0 ± 41,0 <sup>(1)</sup>	390,5 ± 39,3	10,3 ± 1,2	21,9 ± 3,4	24,1 ± 0,6
Ramos Vivos	Finos	83,5 ± 16,3	131,8 ± 15,0	8,8 ± 3,6	12,5 ± 2,8	12,4 ± 1,3 <sup>1</sup>
	Médios	71,5 ± 16,1	68,0 ± 20,1	6,9 ± 2,0	9,7 ± 1,0	10,6 ± 1,2
	Grossos	72,0 ± 35,8	53,3 ± 28,7	3,1 <sup>(2)</sup>	9,2 ± 1,8	9,0 ± 1,2
Ramos Mortos	Finos	140,0 <sup>(2)</sup>	73,5	8,8	10,0	14,0
	Médios	129,0	52,5	10,0	7,5	10,3
Casca	FI <sup>(3)</sup>	89,6 ± 7,1	48,0 ± 20,4	11,5 ± 2,0	14,0 ± 2,0	12,9 ± 0,6
	FS <sup>(4)</sup>	118,8 ± 18,0	58,8 ± 27,3	10,5 ± 2,6	17,5 ± 4,8	17,4 ± 1,8
	Pt <sup>(5)</sup>	123,3 ± 24,4	66,8 ± 16,1	11,0 ± 5,0	20,0 ± 2,8	20,2 ± 3,5
Madeira	FI <sup>(3)</sup>	35,8 ± 10,9	48,8 ± 11,5	3,1 ± 1,1	4,2 ± 0,9	9,6 ± 1,2
	FS <sup>(4)</sup>	43,6 ± 11,5	43,6 ± 9,7	4,0 ± 0,7	5,7 ± 0,8	7,2 ± 0,5
	Pt <sup>(5)</sup>	39,8 ± 9,7	38,0 ± 8,7	4,4 ± 1,2	5,6 ± 1,2	7,4 ± 2,7

(1) Médias com intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade; (2) Média de 2 repetições; (3) Fuste Inferior; (4) Fuste Superior e (5) Ponteiro

TABELA 42. TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Componentes		N	P	K	Ca	Mg
Acículas		1,614 ± 0,178 <sup>(1)</sup>	0,108 ± 0,008	0,451 ± 0,055	0,253 ± 0,035	0,103 ± 0,016
Ramos Vivos	Finos	0,740 ± 0,061	0,050 ± 0,003	0,182 ± 0,023	0,221 ± 0,039	0,060 ± 0,006
	Médios	0,490 ± 0,050	0,027 ± 0,008	0,128 ± 0,018	0,121 ± 0,014	0,039 ± 0,003
	Grossos	0,318 ± 0,035	0,013 ± 0,007	0,074 ± 0,015	0,119 ± 0,025	0,028 ± 0,004
Ramos Mortos	Finos	0,305 <sup>(2)</sup>	0,020	0,070	0,185	0,032
	Médios	0,160	0,014	0,072	0,152	0,020
	Grossos	0,105	0,010	0,067	0,095	0,012
Casca	FI <sup>(3)</sup>	0,332 ± 0,040	0,023 ± 0,006	0,114 ± 0,029	0,182 ± 0,011	0,033 ± 0,002
	FS <sup>(4)</sup>	0,432 ± 0,080	0,047 ± 0,009	0,204 ± 0,068	0,152 ± 0,038	0,053 ± 0,004
	Pt <sup>(5)</sup>	0,658 ± 0,112	0,084 ± 0,020	0,366 ± 0,188	0,166 ± 0,066	0,074 ± 0,008
Madeira	FI <sup>(3)</sup>	0,118 ± 0,018	0,011 ± 0,003	0,056 ± 0,005	0,083 ± 0,009	0,014 ± 0,002
	FS <sup>(4)</sup>	0,126 ± 0,019	0,015 ± 0,000	0,059 ± 0,008	0,072 ± 0,022	0,016 ± 0,002
	Pt <sup>(5)</sup>	0,184 ± 0,036	0,018 ± 0,007	0,080 ± 0,021	0,076 ± 0,016	0,024 ± 0,004

(1) Médias com intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade; (2) Médias de duas repetições; (3) FI = Fuste Inferior; (4) FS = Fuste Superior e (5) Pt = Ponteiro

TABELA 43. TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Componentes		Fe	Mn	Cu	Zn	B
Acículas		119,0 ± 13,9 <sup>(1)</sup>	310,8 ± 24,8	11,7 ± 1,40	20,2 ± 2,6	17,3 ± 3,4
Ramos Vivos	Finos	78,4 ± 5,4	100,4 ± 11,1	5,5 ± 0,9	9,8 ± 2,0	13,4 ± 0,2
	Médios	70,4 ± 11,9	41,6 ± 3,9	4,7 ± 1,3	8,0 ± 2,4	11,2 ± 0,9
	Grossos	53,3 ± 51,7	41,5 ± 3,3	3,1 ± 1,1	5,3 ± 2,5	9,4 ± 0,8
Ramos Mortos	Finos	145,5 <sup>(2)</sup>	55,5	6,3	6,3	13,1
	Médios	127,0	41,5	5,6	3,1	9,7
	Grossos	119,5	28,0	4,4	3,1	7,7
Casca	FI <sup>(3)</sup>	88,8 ± 11,9	26,2 ± 2,2	9,8 ± 1,3	10,5 ± 1,8	11,6 ± 0,6
	FS <sup>(4)</sup>	109,4 ± 6,8	33,2 ± 7,6	7,0 ± 1,8	19,0 ± 4,0	16,6 ± 1,4
	Pt <sup>(5)</sup>	152,2 ± 16,4	42,8 ± 14,8	7,0 ± 1,1	20,5 ± 1,8	18,7 ± 2,6
Madeira	FI <sup>(3)</sup>	46,4 ± 19,8	36,6 ± 7,4	3,0 ± 0,8	4,0 ± 1,3	7,8 ± 2,9
	FS <sup>(4)</sup>	59,2 ± 30,2	31,2 ± 2,0	2,2 ± 1,9	6,0 ± 2,0	7,3 ± 0,8
	Pt <sup>(5)</sup>	49,2 ± 6,2	25,8 ± 1,0	4,0 ± 0,7	5,0 ± 2,0	7,2 ± 1,6

(1) Médias com intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade; (2) Médias de duas repetições; (3) FI = Fuste Inferior; (4) FS = Fuste Superior e (5) Pt = Ponteiro

TABELA 44. TEORES MÉDIOS (%) DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 39 DESBASTE (14 NOS)

Componentes		N	P	K	Ca	Mg
Acículas		1,526 ± 0,048 <sup>(1)</sup>	0,090 ± 0,003	0,335 ± 0,039	0,289 ± 0,028	0,106 ± 0,008
Ramos Vivos	Finos	0,752 ± 0,061	0,056 ± 0,007	0,161 ± 0,031	0,277 ± 0,048	0,071 ± 0,008
	Médios	0,476 ± 0,079	0,023 ± 0,008	0,102 ± 0,020	0,174 ± 0,020	0,046 ± 0,010
	Grossos	0,296 ± 0,050	0,011 ± 0,001	0,051 ± 0,005	0,120 ± 0,019	0,033 ± 0,015
Ramos Mortos	Finos	0,280 <sup>(2)</sup>	0,018	0,044	0,302	0,035
	Médios	0,130	0,012	0,036	0,180	0,021
	Grossos	0,110	0,008	0,039	0,096	0,013
Casca	FI <sup>(3)</sup>	0,278 ± 0,032	0,019 ± 0,004	0,089 ± 0,011	0,182 ± 0,124	0,036 ± 0,011
	FS <sup>(4)</sup>	0,438 ± 0,061	0,046 ± 0,008	0,178 ± 0,047	0,130 ± 0,091	0,074 ± 0,011
	Pt <sup>(5)</sup>	0,654 ± 0,007	0,076 ± 0,005	0,279 ± 0,050	0,174 ± 0,071	0,104 ± 0,027
Madeira	FI <sup>(3)</sup>	0,086 ± 0,007	0,008 ± 0,002	0,039 ± 0,004	0,086 ± 0,018	0,013 ± 0,002
	FS <sup>(4)</sup>	0,124 ± 0,017	0,006 ± 0,000	0,041 ± 0,007	0,061 ± 0,009	0,015 ± 0,002
	Pt <sup>(5)</sup>	0,154 ± 0,014	0,011 ± 0,003	0,056 ± 0,011	0,063 ± 0,017	0,021 ± 0,002

(1) Médias com intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade; (2) Médias de duas repetições; (3) FI = Fuste Inferior; (4) FS = Fuste Superior e (5) Pt = Ponteiro

TABELA 45. TEORES MÉDIOS (ppm) DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS)

Componentes		Fe	Mn	Cu	Zn	B
Acículas		118,8 ± 24,3 <sup>(1)</sup>	387,6 ± 49,7	8,7 ± 0,0	18,4 ± 2,8	20,1 ± 1,3
Ramos Vivos	Finos	92,6 ± 26,3	89,0 ± 14,4	5,3 ± 1,3	9,8 ± 1,3	13,4 ± 1,1
	Médios	54,8 ± 18,3	64,2 ± 10,6	3,0 ± 0,9	6,5 ± 1,7	10,0 ± 2,3
	Grossos	40,0 ± 8,2	56,4 ± 6,8	3,7 ± 1,1	4,0 ± 1,3	8,2 ± 1,9
Ramos Mortos	Finos	169,0 <sup>(2)</sup>	51,5	7,5	5,6	14,3
	Médios	124,0	49,0	4,4	3,8	9,8
	Grossos	130,5	23,0	4,4	4,4	8,8
Casca	FI <sup>(3)</sup>	96,0 ± 5,8	26,2 ± 5,5	7,8 ± 1,3	11,0 ± 2,0	12,5 ± 1,1
	FS <sup>(4)</sup>	112,4 ± 12,0	37,2 ± 10,0	7,3 ± 1,3	21,0 ± 2,0	16,5 ± 1,3
	Pt <sup>(5)</sup>	144,0 ± 12,2	45,8 ± 8,9	9,3 ± 0,9	23,0 ± 1,3	17,8 ± 1,7
Madeira	FI <sup>(3)</sup>	39,6 ± 11,2	34,8 ± 4,5	3,3 ± 0,9	4,0 ± 1,3	6,6 ± 1,3
	FS <sup>(4)</sup>	41,6 ± 8,2	28,8 ± 4,4	3,5 ± 1,7	3,0 ± 0,8	7,1 ± 0,4
	Pt <sup>(5)</sup>	53,8 ± 14,6	27,6 ± 4,0	8,0 ± 1,8	6,5 ± 2,5	6,5 ± 1,2

(1) Médias com intervalo de confiança ao nível de 95% de probabilidade; (2) Médias de duas repetições; (3) FI = Fuste Inferior; (4) FS = Fuste Superior e (5) Pt = Ponteiro

Quanto aos teores dos nutrientes das acículas, tanto do 2º verticilo superior (Tabela 39) como em geral de toda a árvore (Tabelas de 40 a 45), observa-se que os teores de N, Fe, Mn e B foram superiores no povoamento de 1º desbaste do que nos de 2º e 3º desbaste.

Foi observada uma relação de dependência entre os teores de alguns nutrientes do solo e das acículas das árvores. Entre os solos analisados, o que apresentou menor teor de  $K^+$  trocável foi o solo sob o povoamento de 3º desbaste (Tabela 7). Também o teor de K das acículas foi menor neste povoamento (Tabelas 39, 40, 42 e 44). Os teores totais de Fe, Mn, Cu e Zn foram mais elevados no solo sob o povoamento de 1º desbaste (Tabelas de 3 a 7) e também nas acículas do 2º verticilo superior das árvores do mesmo povoamento (Tabela 39). WELLS observou correlação altamente significativa entre teores de N, P, K, Ca e Mg do solo e de acículas de *P. taeda* aos 5 anos de idade.<sup>76</sup> WALKER, citado por ARMSON, constatou alta correlação entre níveis de  $K^+$  trocável do solo e teores de K das acículas de *P. strobus* L.<sup>5</sup>

O estado nutricional dos povoamentos foi analisado com base nos teores dos nutrientes das acículas do segundo verticilo e tendo-se como referência os dados apresentados por ZÖTTL<sup>81</sup>, REISSMANN<sup>56</sup>, VAN LEAR *et alii*<sup>70</sup> e DOLDÁN<sup>19</sup>.

ZÖTTL apresenta como sendo níveis bons nas acículas das espécies de *Pinus*, os teores compreendidos entre 1,50 a 2,20% de N, 0,13 a 0,20% de P, 0,60 a 1,20% de K, 0,10 a 0,50% de

<sup>5</sup>WALKER, L.C. Foliar analysis as a method of indicating potassium - deficient soils for reforestation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 19:233-36, 1955.

Ca, 0,10 a 0,20% de Mg, 45 a 200 ppm de Fe, 20 a 800 ppm de Mn, 4 a 6 ppm de Cu, 10 a 80 ppm de Zn e 15 a 35 ppm de B. Os níveis de deficiência são 1,2% de N, 0,09% de P, 0,40% de K, 0,05% de Ca, 0,05% de Mg, 30 ppm de Fe, 4 ppm de Mn, 2 ppm de Cu, 5 ppm de Zn e 10 ppm de B.<sup>81</sup>

Árvores de *P. taeda* com 8 anos de idade, apresentaram bom crescimento na região de Telêmaco Borba-PR, juntamente com teores nas acículas de 1,90% de N, 0,13% de P, 0,80% de K, 0,16% de Ca, 0,10% de Mg, 155 ppm de Fe, 343 ppm de Mn, 5 ppm de Cu, 41 ppm de Zn e 20 ppm de B, de acordo com REISSMANN.<sup>56</sup>

Em um povoamento de *P. taeda* com 41 anos de idade, estabelecido em um sítio erodido e pobre na Carolina do Sul-USA, VAN LEAR *et alii* encontraram os seguintes teores médios nas acículas da copa das árvores: 1,07% de N; 0,11% de P; 0,23% de K e 0,21% de Ca.<sup>70</sup>

DOLDÁN<sup>19</sup>, analisou dez povoamentos de *P. taeda*, com idades variando entre 15 a 16 anos. Nos três melhores sítios a altura média das árvores dominantes variou de 21 a 23 m e se equivalem à classe de sítio II, segundo MACHADO<sup>35</sup>. É a mesma classe de sítio do povoamento de 39 desbaste do presente trabalho. Os teores nas acículas do segundo lançamento do segundo verticílio, encontrados por DOLDÁN, variaram de 1,75 a 1,94% de N, 0,11 a 0,16% de P, 0,41 a 0,57% de K, 0,08 a 0,20% de Ca, 0,09 a 0,29% de Mg, 43 a 149 ppm de Fe, 169 a 425 ppm de Mn, 1 a 5 ppm de Cu, 28 a 41 ppm de Zn e 18 a 36 ppm de B<sup>19</sup>; todos eles nos três melhores sítios.

Com base nestes dados de referência, os resultados da Tabela 39 indicaram níveis bons de N, Ca, Fe, Mn, Cu, Zn e B. Foi observada uma deficiência de K no povoamento de 39 desbas-

te. Isto pode ser confirmado pelo baixo teor de  $K^+$  trocável do solo sob este povoamento, que foi de 0,05 meq/100 g de solo (Tabela 7), em relação aos demais solos estudados. Como a amplitude de variação do teor de Zn, considerada boa para o gênero *Pinus*, é ampla (ZÖTTL<sup>81</sup>), faltam informações precisas para afirmar se os teores deste elemento encontrados no presente trabalho foram bons. Com base nos trabalhos de REISSMANN<sup>56</sup> e DOLDÁN<sup>19</sup>, os teores de Zn das acículas dos povoamentos de 2º e 3º desbaste não foram considerados bons, porém não indicam deficiência. Entre 11 elementos analisados por DOLDÁN, o que apresentou maior correlação linear simples com o crescimento em altura das árvores foi o Zn foliar. O autor observou que os teores dos nutrientes, exceto o P, das acículas de *P. taeda* do primeiro lançamento apresentaram maior correlação com o crescimento das árvores do que os teores das acículas do 2º lançamento, ambas de 2º verticilo.<sup>19</sup> Sendo assim, recomenda-se o uso das acículas de primeiro lançamento para avaliar o estado nutricional do *P. taeda*.

Não foram observadas relações de dependência entre os teores de nutrientes dos componentes das árvores e as classes de DAP. VAN LEAR *et alii* também observaram que não existe relação próxima entre os teores de nutrientes e o peso de matéria seca de um componente. O peso de matéria seca sim, apresenta excelente relação com o diâmetro das árvores.<sup>70</sup> Entretanto, OVINGTON & MADGWICK, citados por ANDRAE & KRAPPENBAUER, observaram que os teores de N, P, Ca e Mg de acículas

<sup>4</sup>OVINGTON, J.D. & MADGWICK, H.A.I. Distribution of organic matter and plant nutrients in a plantation of scots pine. *Forest Science*, 5:344-55, 1959.

e galhos de *P. sylvestris* apresentaram geralmente correlações negativas com o DAP das árvores. Em um povoamento de *Araucaria angustifolia*, ANDRAE E KRAPPENBAUER não encontraram relações significativas dos teores de Mn de qualquer um dos componentes das árvores com as variáveis DAP, H e suas combinações. Com relação aos componentes vivos, os autores observaram que o teor de Mg dos brotos vivos com acículas diminuiu com o aumento do DAP das árvores. Para os ramos vivos, constataram que as concentrações de N, P, K, Ca e Mg diminuíram com o aumento da classe de DAP. Explicam os autores que as árvores com DAP maior apresentaram galhos maiores e estes, por sua vez, contêm uma fração maior de madeira, a qual apresenta teores baixos de nutrientes. O aumento da fração de madeira no total do material acarreta uma diminuição dos teores de nutrientes.<sup>4</sup> Isto foi observado pelos autores pois os ramos vivos não foram analisados separadamente em classes de diâmetro. Acredita-se que dentro de uma mesma classe de diâmetro de ramos, os teores de nutrientes não dependem tanto do DAP das árvores.

Igualmente como constataram MADGWICK *et alii*<sup>40</sup> em *P. radiata*, CASTRO *et alii*<sup>18</sup> em *P. oocarpa* e VAN LEAR *et alii*<sup>70</sup> em *P. taeda*, no presente trabalho foi observado que os teores dos nutrientes geralmente são mais elevados nas acículas. Os ramos e casca apresentaram teores intermediários entre as acículas e a madeira.

Os ramos finos apresentaram de modo geral teores mais altos de nutrientes do que os mais grossos (Tabelas de 40 a 45). Do mesmo modo, YOUNG & CARPENTER observaram em *P. resinosa*, *Acer rubrum* L. (Red Maple) e *Thuja occidentalis* L.

(Northern White Cedar) que os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Al e Mo dos ramos finos (diâmetro inferior a 0,64 cm) foram sempre maiores do que os dos ramos médios (diâmetro entre 0,64 e 2,54 cm).<sup>80</sup>

Foi observado que dentro de uma mesma classe de espessura de ramos, os teores de N, P, K, Mg e Mn sempre foram superiores nos ramos vivos do que nos mortos (Tabelas de 40 a 45). Os resultados obtidos indicam que os elementos N, P, K, Mg e Mn apresentaram maior capacidade de se deslocarem dos ramos em estágio de envelhecimento para outras regiões da planta do que o Fe, Cu, Zn e B. A capacidade de redistribuição dos elementos N, P, K e Mg, considerados móveis, é bem conhecida nos vegetais, porém, a redistribuição do Mn é pequena, mesmo quando a planta se encontra em estado de carência (MALAVOLTA<sup>42</sup>). Embora pouco comum, determinadas espécies arbóreas devem apresentar certa redistribuição de Mn, como *Fagus sylvatica*, com teores de Mn de 236 ppm nas folhas novas e 212 ppm nas folhas velhas e *Aesculus hippocastanum*, com teores de Mn de 128 ppm nas folhas jovens e 115 ppm nas folhas velhas (GUHA & MITCHELL, citados por VAN DEN DRIESSCHE<sup>69</sup>). Maiores estudos devem ser realizados para confirmar a capacidade de redistribuição do Mn em *P. taeda*.

PEHL *et alii* observaram em *P. taeda* aos 25 anos de idade que os ramos vivos apresentaram os teores médios de 0,25% de N, 0,03% de P, 0,12% de K, 0,22% de Ca e 0,07% de Mg, ao passo que os ramos mortos apresentaram 0,16% de N, 0,01% de P, 0,05% de K, 0,26% de Ca e 0,04% de Mg<sup>48</sup>. Estes resultados

<sup>69</sup>GUHA, M.M. & MITCHELL, R.L. Plant Soil 24, 90-112, 1966.

confirmam a alta redistribuição de N, P, K e Mg. O Ca é um elemento praticamente imóvel no floema (MALAVOLTA<sup>42</sup>) e consequentemente não é redistribuído (VAN DEN DRIESSCHE<sup>69</sup>). No presente trabalho, generalizando para os três povoamentos, os teores de Ca dos ramos vivos e mortos foram similares dentro de uma mesma classe de diâmetro (Tabelas 40, 42 e 44). WELLS & METZ observaram que acículas vivas e mortas de árvores de *P. taeda* com 5 anos de idade apresentaram teores semelhantes de Ca e Mg.<sup>79</sup> Com o avanço da idade das acículas de *P. radiata*, MADGWICK *et alii* constataram que os teores de N e K decresceram e os teores de Ca, Mn, Zn e Na aumentaram.<sup>40</sup> Isto significa que estes quatro elementos acumulam-se nos tecidos velhos. O Mg e o P não mostraram tendências nítidas. Em árvores de *Eucalyptus saligna*, com 4 anos de idade, ANDRAE & KRAPPENBAUER também observaram que os ramos mortos apresentaram maiores teores de Ca e Mg do que os ramos vivos.<sup>4</sup> Acredita-se que o Mg apresenta maior capacidade de redistribuição em coníferas do que em folhosas (VAN DEN DRIESSCHE<sup>69</sup>).

As Tabelas de 40 a 45 mostram que, nos três povoamentos analisados, ocorreram aumentos diretamente proporcionais dos teores de nutrientes da casca com a altura do caule, com exceção do Ca e Cu. Este tipo de variação do teor de nutriente em função da altura do caule foi observado na madeira, de maneira mais evidente e geral apenas para o N nos povoamentos de 2º e 3º desbaste e para o K e Mg nos três povoamentos analisados. Entretanto, nos três povoamentos, os teores de Ca e Mn diminuíram do fuste inferior para o ponteiro, mostrando o acúmulo destes elementos na madeira mais velha. YOUNG & CARPENTER também observaram em árvores de *P. resinosa* que as variações dos teores dos elementos foram mais significativas na casca

do que na madeira, em função da altura do caule. De doze elementos analisados na casca, os únicos elementos que não apresentaram diferenças significativas entre uma ou duas posições foram Al, Mn, Ca, Fe e B. Na madeira, com exceção do Cu, não houve diferenças significativas dos teores de nutrientes entre alturas do caule. Em árvores de *Acer rubrum* não foram constatadas diferenças significativas na casca e madeira, entre as diferentes alturas do caule, com relação ao N, P, K, Mg, Fe e Mn. Em árvores de *Thuja occidentalis* também não se observaram diferenças para os doze elementos estudados, tanto da casca como da madeira, entre as diferentes alturas do caule. Os autores concluem que, de modo geral para as três espécies, as diferenças são pequenas entre as posições do caule, separadamente para madeira e casca. Sendo assim, um simples disco amostrado no meio do caule pode representar a madeira e casca, com relação aos teores dos nutrientes.<sup>80</sup> Entretanto, esta conclusão não deve ser generalizada para todas as espécies e condições de trabalho.

#### 5.5.4 Pesos de matéria seca e nutrientes por hectare

Os valores de peso de matéria seca e nutrientes, por hectare, das acículas, ramos, ponteiro, casca e madeira, das árvores existentes, retiradas e remanescentes, são apresentadas nas Tabelas de número 46 a 49.

Na Tabela 46, nota-se que as quantidades de matéria seca das acículas produzidas nos três povoamentos praticamente foram as mesmas. Os pesos por ha de matéria seca dos ramos, bem como da casca e madeira do fuste foram maiores no povoamento de 3º desbaste do que no de 2º desbaste e maiores neste

TABELA 46. PESOS (kg/ha) DE MATÉRIA SECA, N E P DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Componentes	Árvores	Matéria Seca			N			P		
		1º D <sup>(1)</sup>	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D
Acículas	Existentes	9.434	9.665	9.338	188,0	156,0	142,4	9,3	10,5	8,4
	Retiradas	2.333	3.014	3.011	46,5	48,7	45,9	2,3	3,3	2,7
	Remanescentes	7.101	6.651	6.327	141,5	107,3	96,5	7,0	7,2	5,7
Ramos	Existentes	11.784	20.777	26.279	65,5	91,6	103,5	3,8	4,8	4,6
	Retiradas	2.925	6.285	8.235	16,3	28,2	33,2	0,9	1,5	1,5
	Remanescentes	8.859	14.492	18.044	49,2	63,4	70,3	2,9	3,3	3,1
Ponteiro	Existentes	4.904	2.785	1.767	12,6	6,9	4,0	1,0	0,8	0,3
	Retiradas	1.896	1.134	694	4,9	2,8	1,6	0,4	0,3	0,1
	Remanescentes	3.008	1.651	1.073	7,7	4,1	2,4	0,6	0,5	0,2
Casca	Existentes	5.412	10.670	11.462	22,7	39,3	38,2	2,1	3,3	3,2
	Retiradas	1.347	3.608	3.952	5,6	13,3	13,2	0,5	1,1	1,1
	Remanescentes	4.065	7.062	7.510	17,1	26,0	25,0	1,6	2,2	2,1
Madeira	Existentes	41.181	102.014	134.989	66,2	123,4	134,4	5,1	12,8	10,0
	Retiradas	9.880	32.667	45.166	15,9	39,5	45,1	1,2	4,1	3,3
	Remanescentes	31.301	69.347	89.823	50,3	83,9	89,3	3,9	8,7	6,7
Total	Existentes	72.715	145.911	183.835	355,0	417,2	422,5	21,3	32,2	26,5

(1) D = Desbaste.

TABELA 47. PESOS (kg/ha) DE K, Ca E Mg DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Componentes	Árvores	K			Ca			Mg		
		1º D <sup>(1)</sup>	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D
Acículas	Existentes	48,8	43,6	31,3	26,6	24,4	27,0	9,0	9,9	9,9
	Retiradas	12,1	13,6	10,1	6,6	7,6	8,7	2,2	3,1	3,2
	Remanescentes	36,7	30,0	21,2	20,0	16,8	18,3	6,8	6,8	6,7
Ramos	Existentes	20,7	23,0	20,5	18,5	26,6	39,5	5,2	7,5	10,7
	Retiradas	5,2	7,1	6,6	4,6	8,2	12,6	1,3	2,3	3,4
	Remanescentes	15,5	15,9	13,9	13,9	18,4	26,9	3,9	5,2	7,3
Ponteiro	Existentes	6,1	3,4	1,5	3,7	2,5	1,3	1,3	0,9	0,5
	Retiradas	2,4	1,4	0,6	1,4	1,0	0,5	0,5	0,4	0,2
	Remanescentes	3,7	2,0	0,9	2,3	1,5	0,8	0,8	0,5	0,3
Casca	Existentes	11,8	15,7	13,7	10,4	18,3	18,8	2,4	4,2	5,6
	Retiradas	2,9	5,3	4,7	2,6	6,2	6,5	0,6	1,4	1,9
	Remanescentes	8,9	10,4	9,0	7,8	12,1	12,3	1,8	2,8	3,7
Madeira	Existentes	27,5	58,3	53,7	29,5	80,4	104,3	6,2	15,2	18,5
	Retiradas	6,6	18,7	18,0	7,1	25,7	34,8	1,5	4,9	6,2
	Remanescentes	20,9	39,6	35,7	22,4	54,7	69,5	4,7	10,3	12,3
Total	Existentes	114,8	144,0	120,7	88,7	152,2	190,9	24,1	37,7	45,2

(1) D = Desbaste

TABELA 48. PESOS (g/ha) DE Fe E Mn DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Componentes	Árvores	Fe			Mn		
		1º D (1)	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D
Acículas	Existentes	1.226	1.150	1.110	3.684	3.004	3.619
	Retiradas	303	359	358	911	937	1.167
	Remanescentes	923	791	752	2.773	2.067	2.452
Ramos	Existentes	860	1.337	1.279	895	953	1.609
	Retiradas	214	409	407	224	292	508
	Remanescentes	646	928	872	671	661	1.101
Ponteiro	Existentes	254	177	117	207	79	53
	Retiradas	98	72	46	80	32	21
	Remanescentes	156	105	71	127	47	32
Casca	Existentes	566	1.027	1.204	290	306	344
	Retiradas	140	347	415	72	103	119
	Remanescentes	426	680	789	218	203	225
Madeira	Existentes	1.640	5.216	5.442	1.899	3.530	4.409
	Retiradas	393	1.672	1.822	456	1.130	1.473
	Remanescentes	1.247	3.544	3.620	1.443	2.400	2.936
Total	Existentes	4.546	8.907	9.152	6.975	7.872	10.034

(1) D = Desbaste

TABELA 49. PESOS (g/ha) DE Cu, Zn E B DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Componentes	Árvores	Cu			Zn			B		
		1º D <sup>(1)</sup>	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D	1º D	2º D	3º D
Acículas	Existentes	97	113	81	206	196	171	227	167	188
	Retiradas	24	35	26	51	61	55	56	52	61
	Remanescentes	73	78	55	155	135	116	171	115	127
Ramos	Existentes	83	87	93	118	147	140	127	222	242
	Retiradas	20	27	29	30	45	45	32	67	77
	Remanescentes	63	60	64	88	102	95	95	155	165
Ponteiro	Existentes	26	12	15	38	20	15	46	25	15
	Retiradas	10	5	6	15	8	6	18	10	6
	Remanescentes	16	7	9	23	12	9	28	15	9
Casca	Existentes	60	94	87	85	145	165	82	143	159
	Retiradas	15	32	30	21	49	57	20	48	55
	Remanescentes	45	62	57	64	96	108	62	95	104
Madeira	Existentes	147	275	451	206	483	491	345	775	918
	Retiradas	35	88	151	49	155	164	83	248	307
	Remanescentes	112	187	300	157	328	327	262	527	611
Total	Existentes	413	581	727	653	991	982	827	1.332	1.522

(1) D = Desbaste

do que no de 1º desbaste. O inverso ocorreu para o ponteiro, uma vez que o seu peso de matéria seca não aumentou com o incremento de tamanho das árvores e os desbastes reduzem o número de árvores do povoamento. No total, o peso por ha da matéria seca da parte aérea das árvores foi maior no povoamento de 3º desbaste do que no de 2º desbaste e maior neste do que no de 1º desbaste. São produções relativamente altas quando comparadas com as de outros sítios. POPE & GRANEY estimaram que a produção líquida média de matéria seca entre povoamentos de diferentes famílias de *P. taeda* aos 11 anos de idade, porém localizados num mesmo sítio, com 2.990 árvores/ha, foi de 88,5 t/ha.<sup>53</sup> SWITZER & NELSON encontraram uma produção líquida de matéria seca num povoamento de *P. taeda* aos 20 anos de idade, com 1.000 árvores/ha, de 90 t/ha.<sup>66</sup> Num solo bem drenado, PEHL *et alii* estimaram uma produção líquida de 169,3 t/ha de matéria seca de um povoamento de *P. taeda* aos 25 anos, apresentando 1.175 árvores/ha.<sup>48</sup> VAN LEAR *et alii* observaram uma produção líquida de 109,6 t/ha para um povoamento de *P. taeda* de 41 anos de idade, localizado em um solo pobre e erodido. Este povoamento sofreu dois desbastes e nesta idade apresentava 437 árvores/ha.<sup>70</sup> Todas estas produções referem-se à parte aérea das árvores. As diferenças que ocorrem entre os povoamentos se devem às variações de idade, índice de sítio, densidade, condições do povoamento e métodos de amostragem (POPE & GRANEY<sup>53</sup>, CASTRO *et alii*<sup>18</sup>, MADGWICK & KREH<sup>41</sup>, HEPP & BRISTER<sup>27</sup>).

Da mesma maneira que para o peso de matéria seca total da parte aérea, os pesos por ha de N, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e B presentes na matéria seca total da parte aérea das árvores

também foram maiores no povoamento de 3ª desbaste do que no de 2ª desbaste e maior neste do que no de 1ª desbaste. A quantidade de P da matéria seca acima do solo foi maior no povoamento de 2ª desbaste do que nos outros dois e a quantidade de Zn foi maior nos povoamentos de 2ª e 3ª desbaste do que no de 1ª desbaste.

Os resultados obtidos por CASTRO *et alii* mostram que o aumento da quantidade de nutrientes não é diretamente proporcional ao aumento do peso de matéria seca, pois a relação nutriente/peso de matéria seca diminui com o envelhecimento do povoamento. Este fato ocorre porque as árvores mais jovens apresentam maiores teores de nutrientes nos tecidos e existe maior proporção de copa em relação à árvore total.<sup>18</sup> Neste sentido, também foi observado que as variações dos pesos dos nutrientes não foram proporcionais aos aumentos de peso de matéria seca que ocorreram com o aumento da idade dos povoamentos do presente trabalho.

Para fins de comparação com resultados obtidos em outros trabalhos, foram considerados os pesos/ha de nutrientes do povoamento de 3ª desbaste, aos 14 anos de idade. O N apresentou-se em maior quantidade na parte aérea das árvores (422,5 kg/ha), seguido do Ca, K, Mg, P, Mn, Fe, B, Zn e Cu (727 g/ha). PEHL *et alii* estimaram, num povoamento de *P. taeda* com 25 anos, as quantidades de 209 kg/ha de N, 196 kg/ha de Ca, 97 kg/ha de K, 63,2 kg/ha de Mg e 24,7 kg/ha de P.<sup>48</sup> Em solo erodido, VAN LEAR *et alii* estimaram, para *P. taeda* aos 41 anos, as quantidades de 123,2 kg/ha de N, 110,8 kg/ha de Ca, 56,5 kg/ha de K e 10,5 kg/ha de P.<sup>70</sup> A ordem dos elementos foi a mesma nos três trabalhos realizados com *P. taeda*,

porém, ela varia de espécie para espécie. CASTRO *et alii* constataram que um povoamento de *P. oocarpa* aos 14 anos, com 720 árvores/ha, localizado em região onde predomina o Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, sob vegetação de cerrado, com uma produção líquida de 125 t/ha de matéria seca da parte aérea das árvores, as quantidades de 239,9 kg/ha de N, 131,4 kg/ha de K, 103,3 kg/ha de Ca, 26,4 kg/ha de Mg, 16,7 kg/ha de P, 8,9 kg/ha de Mn, 4,7 kg/ha de Fe e 1,3 kg/ha de Zn.<sup>18</sup>

Com base no número de árvores retiradas, Tabela 9, a intensidade do 1º, 2º e 3º desbaste foi de 38,4%, 40,7% e 39,3%, respectivamente. Com base nos dados da Tabela 46, o peso de matéria seca total da parte aérea das árvores retiradas correspondeu a 18.381 kg/ha, 46.708 kg/ha e 61.058 kg/ha, equivalente a 25,3%, 32,0% e 33,2%, em relação ao peso total das árvores existentes antes do 1º, 2º e 3º desbaste, respectivamente. As percentagens referentes ao peso de matéria seca das árvores retiradas foram ligeiramente inferiores às percentagens referentes ao número de árvores retiradas, em relação ao total, pois os desbastes conjugados ou seletivos eliminam árvores inferiores e estas apresentam menores pesos de matéria seca de seus componentes do que as árvores remanescentes. Apenas a percentagem referente ao peso de matéria seca do ponteiro das árvores retiradas foi semelhante à percentagem referente ao número de árvores retiradas, em relação ao total, pois o peso de matéria seca do ponteiro não dependeu do tamanho da árvore.

As percentagens referentes aos pesos de nutrientes e ao peso de matéria seca, de um determinado componente das árvores retiradas, são semelhantes entre si, em relação ao total

existente antes de cada desbaste. Isto se deve ao fato de que os teores de nutrientes utilizados para os cálculos dos pesos foram médias das classes de DAP. Sendo assim, para um mesmo componente de árvore, o teor de nutriente foi o mesmo, tanto para árvores dominadas, como para árvores dominantes. Consequentemente, na estimativa do presente trabalho a exportação de nutrientes é proporcional à exportação de matéria seca.

A Figura 1 representa a distribuição da matéria seca e nutrientes, em percentagem do peso total, dos componentes vivos da parte aérea das árvores existentes antes de cada um dos três desbastes. Nesta Figura e daqui por diante, o componente ramos inclui o ponteiro.

Nos três povoamentos, a madeira ocupou a maior parte da matéria seca da parte aérea das árvores. Nos povoamentos mais antigos, a proporção da madeira foi maior.

No povoamento de 1º desbaste, os resíduos de exploração florestal (acículas, ramos e casca), representando 43% da matéria seca da parte aérea das árvores, apresentaram mais do que dois terços de N, P, K, Mg, Mn e Zn, cerca de dois terços de Ca, Fe e Cu e um pouco mais do que a metade de B. Entre os tipos de resíduos, os ramos apresentaram maior proporção de matéria seca, seguida das acículas e esta da casca. Entretanto, as acículas acumularam a maior proporção dos nutrientes, vindo em seguida os ramos e depois a casca.

No povoamento de 2º desbaste, a proporção dos nutrientes aumentou na madeira e diminuiu nos resíduos, em relação ao povoamento mais jovem. Praticamente não houve diferenças de proporção dos nutrientes da madeira entre os povoamentos de 2º e 3º desbaste, com exceção do Cu em que a proporção foi maior

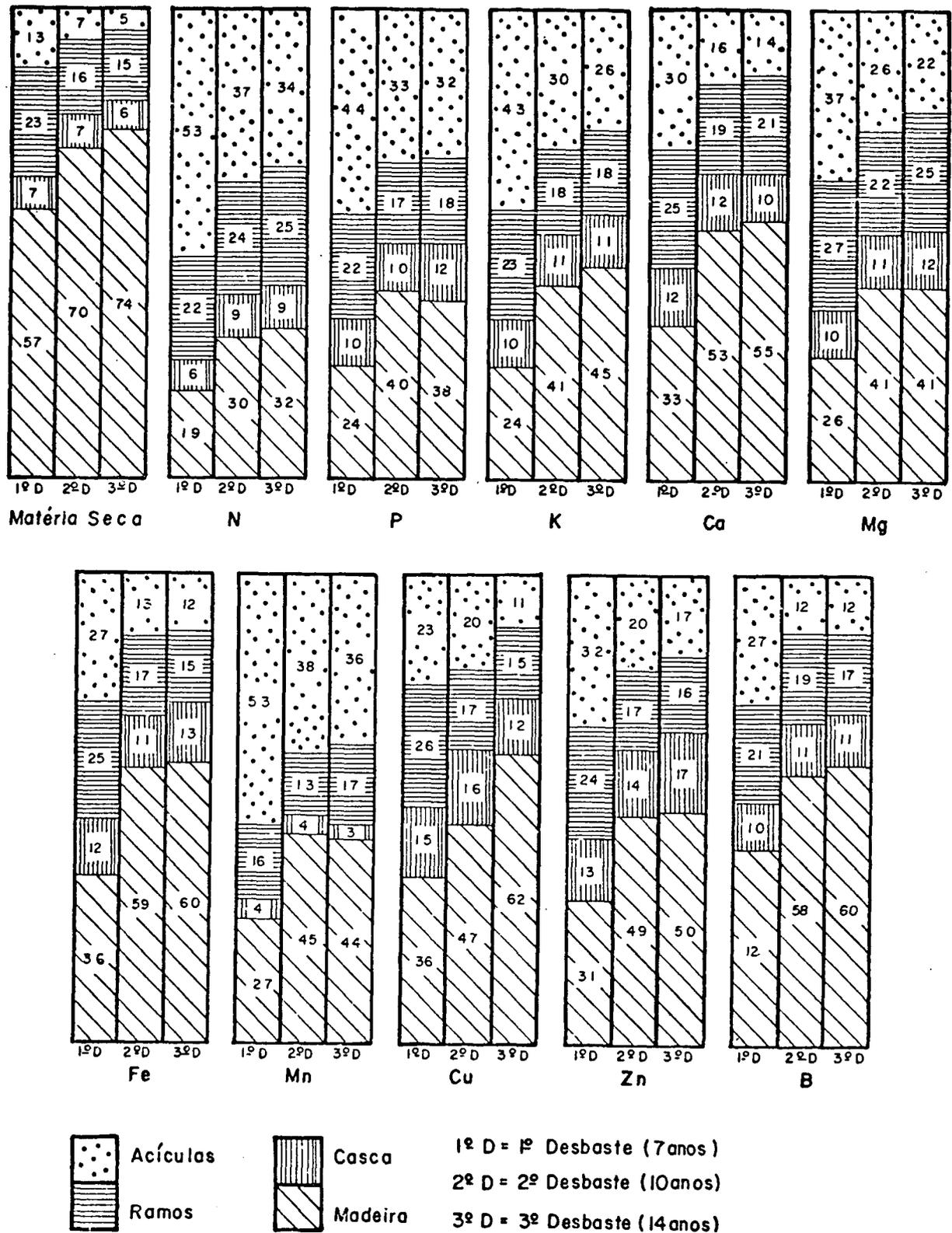


FIGURA 01. DISTRIBUIÇÃO DA MATÉRIA SECA E NUTRIENTES (EM % DO PESO TOTAL) DOS COMPONENTES VIVOS DAS ÁRVORES EXISTENTES DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES

na madeira do povoamento de 3º desbaste.

No povoamento de 3º desbaste, os resíduos de exploração representaram 26% da matéria seca da parte aérea das árvores, porém apresentaram cerca de dois terços de N, mais do que a metade de P, K, Mg e Mn, e metade de Zn. A proporção de Ca, Fe, Cu e B foi maior na madeira do que nos resíduos de exploração. Entre os tipos de resíduos de exploração no povoamento do 3º desbaste, os ramos apresentaram maior proporção de matéria seca seguida da casca e acículas, praticamente sem diferença entre estes dois últimos. Porém, as acículas acumularam maior proporção de N, P, K e Mn, seguida dos ramos e estes da casca. Quanto à proporção de Ca e Mg, a ordem decrescente dos tipos de resíduos foi ramos, acículas e casca. Os ramos também acumularam maior proporção de Fe, Cu, Zn e B do que as acículas e casca, porém, sem diferença entre estes dois últimos.

CASTRO *et alii* também observaram que nas plantações mais antigas de *P. oocarpa* as proporções dos componentes de maiores teores de nutrientes (copa e casca) são menores do que nos povoamentos mais jovens. Aos 8 anos, a copa apresentou 15,6% de matéria seca do talhão e continha 48% de N, 41% de P e 39% de K acumulados na fitomassa acima do solo. Aos 18 anos, ela representou 12,8% da fitomassa e continha 40% de N, 37% de P e 30% de K. A distribuição relativa da casca também diminuiu, passando de 15,2% aos 8 anos para 11,2% aos 18 anos.<sup>18</sup> VAN LEAR *et alii* estimaram que no povoamento de *P. taeda* aos 41 anos de idade a biomassa da copa representou 20% do peso de matéria seca da parte aérea das árvores e conteve 49% de N, 45% de P, 37% de K e 36% de Ca. A biomassa da casca

representou cerca de 7% da biomassa da parte aérea e conteve 11,6% de N, 8,6% de P, 6,9% de K e 11,6% de Ca.<sup>70</sup> Os resultados deste povoamento mais antigo são mais parecidos com os do povoamento de 3º desbaste do que com os dos mais jovens.

## 5.6 COMPONENTES DA MANTA ORGÂNICA

### 5.6.1 Frequência, peso de matéria seca por parcela e tamanho mínimo da amostra

A Tabela 50 reúne os dados de frequência percentual, peso médio de matéria seca por parcela e tamanho mínimo da amostra dos componentes de manta orgânica sob os povoamentos de *P. taeda* antes do 1º, 2º e 3º desbaste.

No povoamento de 1º desbaste, as acículas dos subhorizontes Ln e Lv ocorreram em todas as parcelas. O subhorizonte F apresentou-se em estágio inicial de formação, sendo que apenas 10% das parcelas apresentaram acículas e menos de 2% apresentaram material diverso. O número de parcelas amostradas (60) foi suficiente para estimar a quantidade de acículas do subhorizonte Ln e da manta orgânica total.

Nos povoamentos de 2º e 3º desbaste, as acículas dos subhorizontes Ln e Lv também ocorreram em todas as parcelas. Nestes povoamentos, mais do que 90% das parcelas apresentaram acículas do subhorizonte F. O número de parcelas (180) amostradas, tanto no povoamento de 2º como no de 3º desbaste, foi suficiente para estimar as quantidades de acículas de cada um dos subhorizontes Ln, Lv e F e de manta orgânica total.

A frequência do material diverso dos diferentes subhorizontes orgânicos foi bem superior nos povoamentos de 2º e 3º

TABELA 50. FREQUÊNCIA PERCENTUAL, PESO MÉDIO DE MATÉRIA SECA E TAMANHO MÍNIMO DA AMOSTRA DOS COMPONENTES DE MAN\_ TA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Componentes	Subhorizonte <sup>(1)</sup>	Frequência dos Com- ponentes (%)	Peso Médio de matéria Seca <sup>(2)</sup> (g/0,25 m <sup>2</sup> )	Tamanho mínimo da Amostra n <sup>(3)</sup>	
1º	Acículas	Ln	100,00	62,80 ± 4,63	33	
		Lv	100,00	119,20 ± 15,45	101	
		F	10,00	3,50 ± 3,94 <sup>(4)</sup>	7.757	
	Material Diverso	Ln	33,33	2,59 ± 1,77	2.803	
		Lv	45,00	7,55 ± 4,05	1.724	
		F	1,67	0,04 <sup>(4)</sup>	-	
	Total	-	100,00	195,63 ± 19,06	57	
	2º	Acículas	Ln	100,00	64,23 ± 2,86	36
			Lv	100,00	83,85 ± 3,98	41
F			95,00	226,24 ± 20,13	143	
Material Diverso		Ln	79,44	20,17 ± 4,44	874	
		Lv	80,00	22,11 ± 6,82	1.713	
		F	82,22	74,96 ± 20,03	1.286	
Total		-	100,00	491,57 ± 41,31	128	
3º		Acículas	Ln	100,00	77,50 ± 2,75	23
			Lv	100,00	93,43 ± 5,21	57
	F		96,11	284,44 ± 24,70	136	
	Material Diverso	Ln	93,33	28,62 ± 5,37	634	
		Lv	82,78	29,91 ± 5,35	577	
		F	92,22	94,23 ± 16,31	540	
	Total	-	100,00	608,14 ± 44,28	96	

(1) Ln = "Litter" novo; Lv = "Litter" alterado e F = Fermentação com presença de raízes;

(2) Peso médio de matéria seca com intervalo de confiança ao nível de 5% de probabilidade;

(3) n = número de parcelas e (4) Valores excluídos para os cálculos de peso de matéria seca e nutrientes por ha.

desbaste do que no de 1º desbaste,

### 5.6.2 pH e teores de nutrientes

Os valores de pH das acículas e material diverso de manta orgânica estão contidos na Tabela 51. O pH em água variou de 4,2 a 4,7 nos componentes de manta orgânica do povoamento de 1º desbaste, de 3,9 a 4,2 nos de 2º desbaste e de 4,0 a 4,4 nos de 3º desbaste. Os valores de pH em  $\text{CaCl}_2$  foram proporcionalmente menores do que em água. ALWAY *et alii*, citados por LUTZ & CHANDLER, observaram que os valores médios de pH para três espécies de *Pinus* variaram de 4,1 a 4,6 no subhorizonte L, de 4,5 a 4,8 no subhorizonte F e 4,9 a 5,1 no subhorizonte H (Húmus).<sup>38</sup> Entretanto, HESSELMAN (1926), também citado por LUTZ E CHANDLER, constatou que o material do subhorizonte F, sob povoamentos de coníferas, foi geralmente menos ácido do que o material do subhorizonte H. O autor também observou que o subhorizonte H normalmente apresentou menores teores de substâncias básicas do que o subhorizonte F.<sup>38</sup>

As Tabelas 52 e 53 reúnem os teores médios de nutrientes dos componentes de manta Orgânica sob os povoamentos de *P. taeda* antes do 1º, 2º e 3º desbaste.

Sob o povoamento de 1º desbaste, os teores de N, P, Ca, Fe, Mn e B das acículas do subhorizonte Lv foram maiores do que do subhorizonte Ln. Para o K, ocorreu o inverso. Não

<sup>38</sup>ALWAY, F.J. *et alii*. Composition of the forest floor layers under different forest types on the same soil type. *Soil Science*, 36:387-98, 1933.

<sup>38</sup>HESSELMAN, H. 1926. Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skagsbarden (Studien über die humusdecke des Nadelwades, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeit vom Waldbau). *Meddel. f. Statens Skogsförsöksanstalt*, 22:169-552, 1926.

TABELA 51. VALORES-DE pH DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA, EM H<sub>2</sub>O E EM CaCl<sub>2</sub> 0,01 M, SOB OS POVOAMENTOS DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Componentes	Subhorizontes <sup>(1)</sup>	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	
1º	Acículas	Ln	4,4	4,0	
		Lv	4,7	4,3	
	Material	Ln	4,2	3,7	
		Lv	4,2	3,9	
	2º	Acículas	Ln	4,1	3,7
			Lv	4,2	3,8
F			4,0	3,5	
Material		Ln	4,1	3,7	
		Lv	4,1	3,7	
		F	3,9	3,5	
3º	Acículas	Ln	4,2	3,9	
		Lv	4,4	3,9	
		F	4,1	3,6	
	Material	Ln	4,2	3,7	
		Lv	4,1	3,7	
		F	4,0	3,6	

(1) Ln = "Litter" novo; Lv = "Litter" alterado e F = Fermentação com presença de raízes.

TABELA 52. TEORES MÉDIOS (%) <sup>(1)</sup> DE MACRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Componentes	Subhorizontes <sup>(2)</sup>	N	P	K	Ca	Mg
1º	Acículas	Ln	0,593 b	0,037 b	0,170 a	0,504 b	0,110 a
		Lv	0,943 a	0,079 a	0,086 b	0,585 a	0,109 a
	Material Diverso	Ln	0,400 c	0,026 c	0,040 d	0,223 d	0,044 b
		Lv	0,525 b	0,039 b	0,050 c	0,317 c	0,051 b
	Valores de F			179,31**	332,84**	1.216,34**	1.012,51**
Coeficiente de Variação (%)			5,30	5,22	3,82	2,50	5,28
2º	Acículas	Ln	0,518 c	0,036 b	0,056 a	0,381 b	0,074 a
		Lv	0,760 b	0,067 a	0,045 b	0,400 a	0,070 a
		F	1,115 a	0,067 a	0,055 a	0,311 c	0,046 b
	Material Diverso	Ln	0,350 d	0,026 d	0,037 c	0,207 e	0,035 c
		Lv	0,478 c	0,030 cd	0,035 c	0,224 d	0,033 cd
F	0,478 c	0,033 bc	0,023 d	0,208 de	0,024 d		
Valores de F			170,98**	264,37**	297,04**	542,82**	89,39**
Coeficiente de Variação (%)			6,92	5,20	3,46	2,50	9,06
3º	Acículas	Ln	0,475 d	0,047 b	0,041 a	0,513 a	0,110 a
		Lv	0,705 b	0,064 a	0,033 b	0,421 b	0,081 b
		F	1,018 a	0,065 a	0,039 a	0,341 c	0,051 c
	Material Diverso	Ln	0,265 e	0,023 c	0,033 b	0,204 f	0,029 e
		Lv	0,333 e	0,026 c	0,027 c	0,269 e	0,035 d
F	0,560 c	0,041 b	0,022 d	0,306 d	0,032 de		
Valores de F			229,14**	175,54**	96,68**	798,89**	739,90**
Coeficiente de Variação (%)			6,48	6,04	4,20	2,18	4,16

(1) As médias correspondentes ao mesmo nutriente e povoamento, seguidas de mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

(2) Ln = "Litter" novo; Lv = "Litter" alterado e F = Fermentação com presença de raízes.

\*\* = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 53. TEORES MÉDIOS (ppm) <sup>(1)</sup> DE MICRONUTRIENTES DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Componentes	Subhorizontes <sup>(2)</sup>	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1º	Acículas	Ln	197,3 c	439,3 b	4,16 ab	9,57 ab	14,12 d	
		Lv	1.083,0 a	541,0 a	4,58 ab	11,24 a	41,79 a	
	Material Diverso	Ln	160,5 c	132,8 c	3,12 b	8,11 b	16,56 c	
		Lv	352,5 b	134,7 c	4,68 a	7,18 b	23,62 b	
	Valores de F			183,36**	2.517,32**	4,07*	6,57**	641,13**
	Coeficiente de Variação (%)			13,42	2,52	16,92	14,44	4,11
2º	Acículas	Ln	146,7 b	314,3 b	5,41 a	7,49 bc	13,91 d	
		Lv	303,7 b	347,3 a	2,50 b	7,08 bcd	27,62 b	
		F	2.514,3 a	278,0 c	4,38 a	10,00 a	88,47 a	
		Ln	100,5 b	112,0 d	1,88 b	5,62 d	12,37 d	
		Lv	110,3 b	123,8 d	1,25 b	8,11 b	14,81 d	
		F	232,5 b	82,8 e	5,62 a	6,24 cd	20,39 c	
Valores de F			218,89**	1.092,29**	31,75**	20,81**	485,72**	
Coeficiente de Variação (%)			21,43	3,32	17,31	9,07	8,52	
3º	Acículas	Ln	132,3 cd	437,7 a	7,08 a	6,67 c	22,62 d	
		Lv	275,7 c	384,7 b	2,50 c	7,49 bc	27,56 c	
		F	1.487,0 a	255,3 c	4,69 b	11,86 a	37,30 a	
		Ln	121,5 cd	81,3 e	1,25 c	3,33 d	13,06 e	
		Lv	107,8 d	109,0 d	2,81 c	7,49 bc	14,25 e	
		F	711,5 b	87,8 e	6,55 ab	9,05 b	32,25 b	
Valores de F			256,94**	2.230,36**	29,37**	51,43**	582,21**	
Coeficiente de Variação (%)			13,54	2,94	20,08	9,21	3,29	

(1) As médias correspondentes ao mesmo nutriente e povoamento, seguidas de mesma letra, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.  
(2) Ln = "Litter" novo; Lv = "Litter" alterado e F = Fermentação com presença de raízes.  
\* e \*\* = Significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

houve diferença dos teores de Mg, Cu e Zn das acículas entre os subhorizontes Ln e Lv. Quanto ao material diverso, os teores de N, P, K, Ca, Fe, Cu e B foram maiores no subhorizonte Lv do que no Ln. Os teores de Mg, Mn e Zn do material diverso não diferiram entre estes dois subhorizontes. Dentro de um mesmo subhorizonte orgânico, as acículas apresentaram teores mais elevados de N, P, K, Ca, Mg, Mn e B do que o material diverso. No Ln, não houve diferença dos teores de Fe, Cu e Zn entre as acículas e material diverso. No Lv também não houve diferença dos teores de Cu entre os dois tipos de componentes.

Quanto aos comportamentos semelhantes dos nutrientes sob os povoamentos de 2º e 3º desbaste e com relação às acículas, os teores de N e B foram diferentes entre os subhorizontes Ln, Lv e F, aumentado nos subhorizontes em estágio mais avançado de decomposição; o teor de P aumentou do subhorizonte Ln para o Lv, sem haver diferença deste com o do F; os teores de K e Cu do Lv foram inferiores do que os do Ln e os do F; os teores de Fe e Zn foram bem superiores no subhorizonte F do que no Ln e no Lv, sem haver diferença entre estes dois subhorizontes. No material diverso, os teores de Cu e B também foram superiores no subhorizonte F do que no Ln e no Lv, sem diferença entre estes dois. No presente trabalho, os altos teores de alguns nutrientes nos subhorizontes orgânicos em contato com o solo mineral se devem ao problema de contaminação. A contaminação de Fe do solo no subhorizonte em contato com o solo mineral foi a mais evidente. As raízes finas e micorrizas que se desenvolveram no subhorizonte F também devem ter exercido influência no teor de nutrientes deste subhorizonte.

Em povoamento de *P. elliottii* com 15 anos de idade, REISSMANN observou que os teores de P e K aumentaram de acordo com a profundidade e diferenciação dos subhorizontes orgânicos ( $Ln_1$ ,  $Ln_2$ ,  $Lv_1$ ,  $Lv_2$  e Fr).<sup>55</sup> A composição química dos componentes de manta orgânica depende da espécie vegetal e da qualidade do sítio, condições climáticas, idade do povoamento, estágio de decomposição do componente e metodologia empregada (JORGENSEN *et alii*<sup>31</sup>, LOPES *et alii*<sup>37</sup>, BARBER & VAN LEAR<sup>9</sup>, BAKER & ATTIWILL<sup>7</sup>). Excluindo as possibilidades de contaminação dos componentes de manta orgânica pelos elementos nutrientes do solo e da presença de raízes, as variações dos teores de nutrientes de um determinado componente entre diferentes camadas de manta orgânica estão associadas ao estágio de decomposição.

No presente trabalho, a tendência do teor de K ser mais baixo nos subhorizontes em fase mais adiantada de decomposição deve estar relacionada com a rápida liberação do K da manta orgânica em decomposição. JORGENSEN *et alii* observou que após o primeiro ano de decomposição da manta orgânica de *P. taeda*, apenas 30% do K inicial permaneceu e no final do segundo ano cerca de 20%. No final do oitavo ano, apenas 10% do total inicial permaneceu na manta orgânica. O teor de K diminuiu de 0,2% do material recém caído para menos de 0,1% após um ano. O teor diminuiu ainda mais ao longo do terceiro e quarto ano, após o qual ele aumentou. Já com relação ao P, o seu teor inicial da manta orgânica não foi perdido após o primeiro ano de decomposição. As perdas anuais subsequentes foram de aproximadamente 3% da quantidade inicial. O teor de P da manta orgânica diminuiu no primeiro ano e depois praticamente dobrou

do primeiro para o segundo ano, passando de 0,067% para 0,123%, respectivamente. O aumento da concentração de P, semelhante ao do N, foi causado pela rápida perda de matéria orgânica da manta orgânica e pela imobilidade do P residual, mais propriamente do que pelo simples aumento do P total presente.<sup>31</sup> Os aumentos dos teores de N e P e a diminuição do teor de K com o aumento da idade de decomposição de manta orgânica também ocorreram nos povoamentos do presente trabalho, com base nos dados apresentados na Tabela 52. Ainda com base no trabalho de JORGENSEN *et alii*, após o primeiro ano de decomposição da manta orgânica, 75% do Ca e 43% do Mg não foram liberados. Após oito anos, ainda foram encontrados 33% do Ca e 21% do Mg dos totais originais encontrados na manta orgânica. O teor de Ca permaneceu um pouco abaixo do valor original, durante o período de decomposição. O teor de Mg reduziu-se a cerca de metade do seu valor inicial ao longo de quatro anos, mas após mais quatro anos de decomposição, o teor foi semelhante ao material recém caído.<sup>31</sup>

BAKER & ATTIWILL estudaram o material foliar de manta orgânica sob povoamentos de *Eucalyptus obliqua* e *P. radiata* após 0,1 e 2 anos de decomposição. Em acículas de pinus, o N ficou imobilizado durante 2 anos de decomposição, mas em folhas de eucalipto já houve uma liberação líquida de N após 1 ano. O Na e o K foram perdidos da serapilheira pela lixiviação, enquanto que as perdas de Ca e Mg estiveram correlacionadas com as perdas de matéria orgânica. O P também foi retido com maior intensidade na serapilheira de pinus do que na de eucalipto.<sup>7</sup> As variações de teores de nutrientes das acículas de *P. radiata* em decomposição, de certa forma, estão de acordo

com as variações obtidas no presente trabalho (Tabela 52).

BARBER & VAN LEAR analisaram a decomposição de resíduos lenhosos de exploração florestal, sob povoamento de *P. taeda*. Observaram que os teores de N e P nestes materiais permaneceram relativamente constantes nos primeiros anos após o corte e em seguida sofreram um aumento. Os teores de K, Ca e Mg diminuíram no estágio inicial de decomposição e depois aumentaram nos estágios seguintes. Os autores explicam que os aumentos de concentração estão associados com processos de imobilização e suplementação que ocorrem simultaneamente com a perda de peso de matéria seca associada com a decomposição. Nos primeiros anos de decomposição, as concentrações de N e P foram maiores nos ramos finos do que nos médios e maiores nestes do que nos grossos. Eles estimaram que nos primeiros anos após o corte, 80% dos resíduos lenhosos estavam em contato com o ar e 20% estavam em contato com o solo; depois de 5 anos, 20% estavam em contato com o ar e 80% em contato com o solo. Os ramos em contato com o solo apresentaram uma taxa de decomposição 50% mais alta do que os ramos em contato com o ar. Esta taxa de decomposição baseou-se na densidade dos materiais.<sup>9</sup>

No presente trabalho, observou-se que os teores de K dos componentes de manta orgânica do povoamento de 39 desbaste foram inferiores aos dos outros dois povoamentos, sendo provavelmente um reflexo do teor mais baixo deste elemento, na forma trocável, observado no solo sob o povoamento de 39 desbaste. LEA & BALLARD constataram em povoamentos de *P. taeda*, variando de 3 a 22 anos de idade, que os teores de N, P, Ca e Mg das acículas do subhorizonte orgânico Ln apresentaram correlação significativa com os respectivos teores das acículas

de primeiro e segundo lançamento. Para o K, a correlação não foi significativa.<sup>34</sup> Dessa maneira, a fertilidade do solo exerce influência sobre a composição química dos componentes das árvores e que se reflete na composição química do material de manta orgânica.

### 5.6.3 Pesos de matéria seca e nutrientes por hectare

Os pesos por ha de matéria seca e macronutrientes estão apresentados na Tabela 54 e de micronutrientes na Tabela 55.

As acículas representaram cerca de 95% da matéria seca total da manta orgânica sob o povoamento de 1ª desbaste, 76% sob o povoamento de 2ª desbaste e 75% sob o povoamento de 3ª desbaste. BAKER, analisando manta orgânica sob povoamento de *P. radiata* entre 18 e 22 anos de idade, constatou que, em relação ao peso total, as acículas representaram de 74 a 81%, as estruturas de reprodução de 12 a 21% e os ramos e a casca representaram menos que 8%.<sup>6</sup>

O aumento da proporção de material diverso, em relação ao peso total de manta orgânica, nos povoamentos mais antigos deve-se em parte ao processo de desrama, decomposição de resíduos das operações de desbaste anteriores e maior número de órgãos de reprodução nos povoamentos a partir dos 10 anos de idade.

Os pesos de matéria seca de manta orgânica sob os povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste foram estimados em 7,7, 19,7 e 24,3 t/ha, respectivamente. LOPES *et alii* estimaram em 37,4 t/ha a matéria seca da manta orgânica sob povoamento de *P. taeda* com 19 anos de idade.<sup>37</sup> Observa-se no trabalho de SWITZER & NELSON que durante os primeiros 20 anos de cresci-

TABELA 54. PESO DE MATÉRIA SECA E MACRONUTRIENTES (kg/ha) DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMENTOS DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Componentes	Subhorizontes <sup>(1)</sup>	Matéria Seca	N	P	K	Ca	Mg
1º	Acículas	Ln	2.512	14,88	0,93	4,27	12,55	2,77
		Lv	4.768	44,94	3,75	4,11	27,91	5,21
	Material Diverso	Ln	103	0,41	0,03	0,04	0,23	0,05
		Lv	302	1,59	0,12	0,15	0,96	0,15
	Total	-	7.685	61,82	4,83	8,57	41,75	8,18
	2º	Acículas	Ln	2.569	13,30	0,92	1,43	9,80
Lv			3.354	25,49	2,24	1,51	13,43	2,36
F			9.050	100,90	6,05	4,98	28,13	4,19
Material Diverso		Ln	807	2,82	0,21	0,30	1,67	0,28
		Lv	884	4,22	0,26	0,31	1,98	0,29
		F	2.999	14,32	0,99	0,69	6,25	0,70
Total	-	19.663	161,05	10,67	9,22	61,26	9,71	
3º	Acículas	Ln	3.100	14,72	1,46	1,26	15,90	3,41
		Lv	3.737	26,35	2,40	1,24	15,73	3,02
		F	11.378	115,77	7,40	4,38	38,83	5,84
	Material Diverso	Ln	1.145	3,03	0,27	0,37	2,33	0,33
		Lv	1.196	3,98	0,31	0,33	3,21	0,41
		F	3.769	21,11	1,55	0,84	11,52	1,19
Total	-	24.325	184,96	13,39	8,42	87,52	14,20	

(1) Ln = "Litter" novo; Lv = "Litter" alterado e F = Fermentação com presença de raízes.

TABELA 55. PESO DE MICRONUTRIENTES (g/ha) DOS COMPONENTES DE MANTA ORGÂNICA SOB OS POVOAMEN-  
TOS DE *P. taeda* ANTES DO 1º, 2º E 3º DESBASTE (7, 10 E 14 ANOS)

Desbaste	Componentes	Subhorizontes <sup>(1)</sup>	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1º	Acículas	Ln	496	1.104	10,46	24,03	35,47
		Lv	5.164	2.579	21,84	53,59	199,22
	Material Diverso	Ln	17	14	0,32	0,84	1,71
		Lv	106	41	1,41	2,17	7,13
	Total	-	5.783	3.738	34,03	80,63	243,53
2º	Acículas	Ln	377	808	13,90	19,24	35,74
		Lv	1.019	1.165	8,39	23,75	92,64
		F	22.753	2.516	39,59	90,45	800,62
	Material Diverso	Ln	81	90	1,51	3,79	9,98
		Lv	97	109	1,11	7,17	13,10
F		697	248	16,84	18,71	61,14	
Total	-	25.024	4.936	81,34	163,11	1.013,22	
3º	Acículas	Ln	410	1.357	21,96	20,67	70,12
		Lv	1.030	1.438	9,34	28,00	102,99
		F	16.919	2.904	53,30	134,97	424,39
	Material Diverso	Ln	139	93	1,43	3,81	14,95
		Lv	129	130	3,37	8,96	17,04
F		2.682	331	24,70	34,10	121,55	
Total	-	21.309	6.253	114,10	230,51	751,04	

(1) Ln = "Litter" novo; Lv = "Litter" alterado e F = Fermentação com presença de raízes.

mento do povoamento de *P. taeda*, o maior incremento de peso de manta orgânica se deu durante o período de 5 a 10 anos. Aos 20 anos de idade a produção líquida de manta orgânica atingiu cerca de 15 t/ha.<sup>66</sup> BRENDER & WILLIAMS estimaram que o peso de manta orgânica sob povoamento de *P. taeda* aos 35 anos de idade, em sítios da Geórgia - USA, foi de 19,1 t/ha.<sup>14</sup> Nota-se que os pesos de manta orgânica estimados em povoamentos de *P. taeda* no Brasil foram mais altos do que os estimados em regiões de origem do *P. taeda*, onde o clima é mais frio, devido ao sistema de ciclagem de matéria orgânica intenso no Brasil, em função de uma taxa de crescimento mais acentuada do que no país de origem.

Como para o peso de matéria seca, as acículas também apresentaram a maior parte dos nutrientes da manta orgânica, em relação ao peso total. Os pesos da maioria dos nutrientes analisados tenderam a ser superiores nos povoamentos de maior idade.

Com relação aos nutrientes, JORGENSEN *et alii* estimaram em 131,50 kg/ha de N, 10,30 kg/ha de P, 9,3 kg/ha de K, 58,2 kg/ha de Ca e 10,0 kg/ha de Mg na manta orgânica sob povoamento de *P. taeda* com 11 anos de idade.<sup>31</sup> São valores semelhantes aos estimados no povoamento de 2º desbaste. LOPES *et alii* estimaram 292,5 kg/ha de N, 10,41 kg/ha de P, 14,78 kg/ha de K, 86,14 kg/ha de Ca e 12,13 kg de Mg na manta orgânica sob povoamento de *P. taeda* com 19 anos de idade, no município de Assis-SP.<sup>37</sup>

## 5.7 EXPORTAÇÃO DE BIOMASSA E NUTRIENTES

Os pesos de matéria seca e nutrientes exportados com a retirada da madeira comercial com casca dos povoamentos de *P. taeda* no 1º, 2º e 3º desbaste estão apresentados na Tabela 56.

TABELA 56 PESOS DE MATÉRIA SECA E NUTRIENTES EXPORTADOS COM A RETIRADA DA MADEIRA COMERCIAL COM CASCA DOS POVOAMENTOS DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES (7, 10 E 14 ANOS)

Componentes exportados	Desbastes		
	1º	2º	3º
Matéria Seca (t/ha)	11	36	49
N	21,5	52,8	58,3
P	1,7	5,2	4,4
K (kg/ha)	9,5	24,0	22,7
Ca	9,7	31,9	41,3
Mg	2,1	6,3	8,1
Fe	533	2.019	2.237
Mn	528	1.233	1.592
Cu (g/ha)	50	120	181
Zn	70	204	221
B	103	296	362

As figuras 2, 3 e 4 representam a distribuição de matéria seca e nutrientes no material retirado e remanescente com as operações de 1º, 2º e 3º desbaste.

Observa-se que a proporção de matéria seca exportada

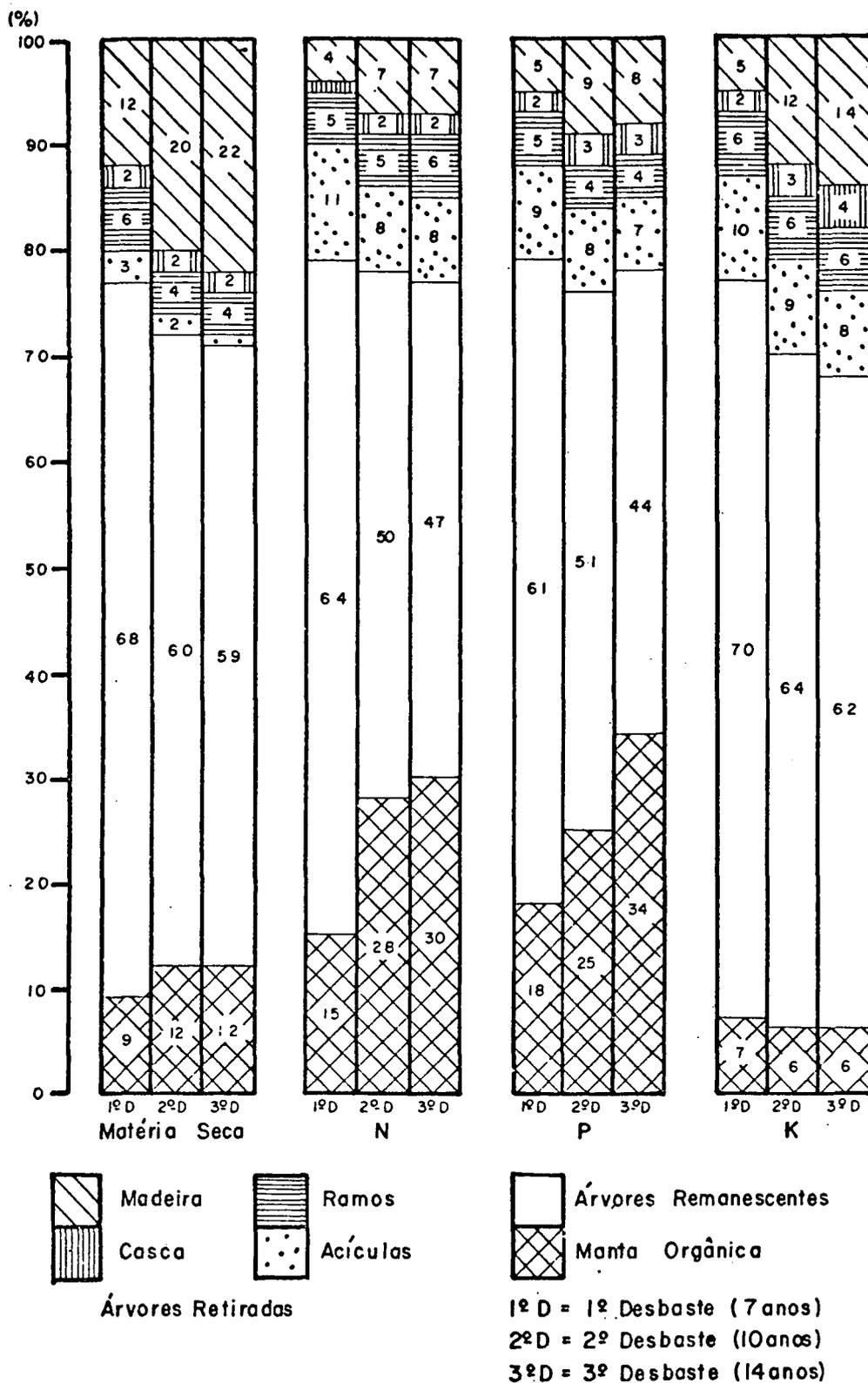


FIGURA 02. DISTRIBUIÇÃO DE MATÉRIA SECA, N, P E K (EM % DO PESO TOTAL) NO MATERIAL RETIRADO E REMANESCENTE DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES

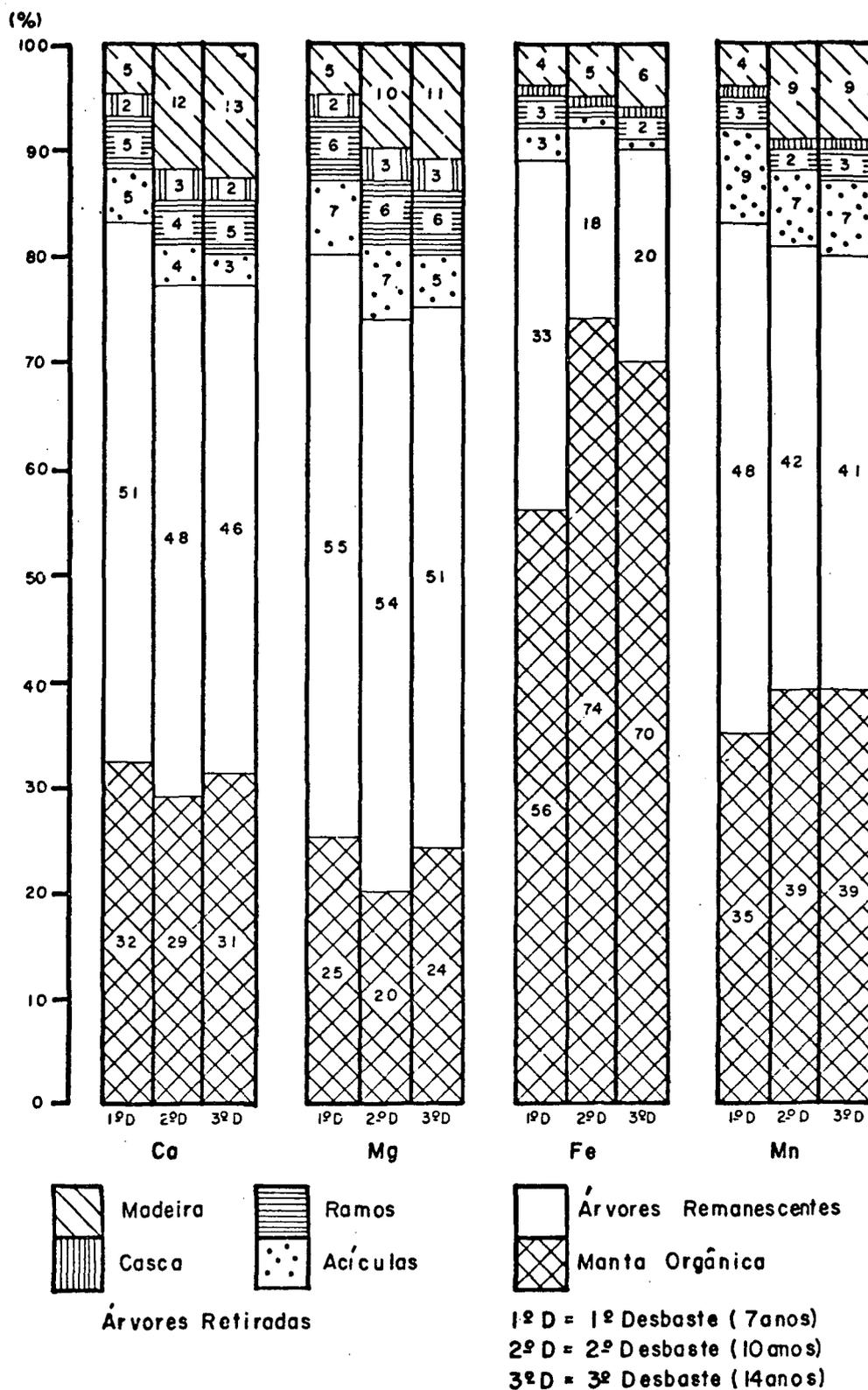


FIGURA 03. DISTRIBUIÇÃO DE Ca, Mg, Fe E Mn (EM % DO PESO TOTAL) NO MATERIAL RETIRADO E REMANESCENTE DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES

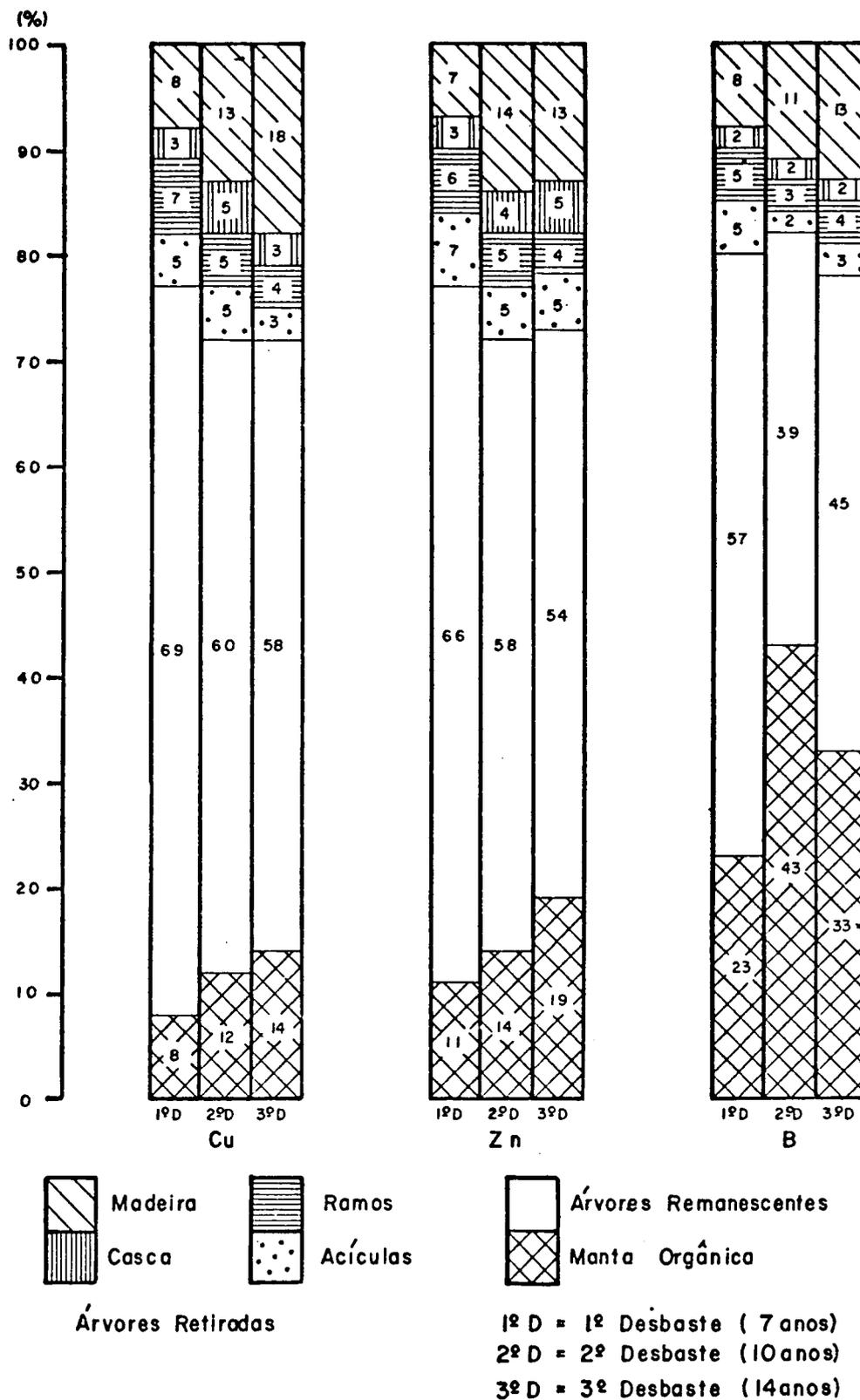


FIGURA 04. DISTRIBUIÇÃO DE Cu, Zn E B (EM % DO PESO TOTAL) NO MATERIAL RETIRADO E REMANESCENTE DE *P. taeda* NOS TRÊS PRIMEIROS DESBASTES

com a retirada da madeira com casca foi bem superior à proporção dos resíduos de exploração. No entanto, estes apresentaram proporções significativas de nutrientes. Os resíduos (acículas e ramos), pesando cerca de 7, 10 e 12 t/ha, foram equivalentes a 9, 7 e 5% do peso total de biomassa estimada acima do solo mineral nos povoamentos de 1ª, 2ª e 3ª desbaste, respectivamente. Entre os resíduos de exploração, as acículas são de maior importância para a ciclagem de nutrientes, principalmente com relação ao N, P, K, Mg, Mn, Cu e Zn. Além das acículas apresentarem a maior proporção destes nutrientes, a velocidade de decomposição das mesmas é mais rápida do que a dos ramos (BARBER & VAN LEAR<sup>9</sup>, BAKER & ATTIWILL<sup>7</sup>).

A reserva de nutrientes do solo, bem como a quantidade de nutrientes da manta orgânica são indicativos da possibilidade de utilização dos resíduos da exploração florestal. No entanto, convém salientar que as quantidades estimadas de matéria seca e nutrientes da manta orgânica dos povoamentos de 2ª e 3ª desbaste dependeram dos resíduos dos desbastes anteriores, uma vez que estes resíduos não foram removidos dos talhões e o período necessário para a total decomposição foi curto, principalmente com relação aos ramos.

Nos povoamentos recém plantados, o solo é a principal fonte de nutrientes para o crescimento das árvores. Nos povoamentos maduros, a manta orgânica passa a exercer um papel importante no processo de ciclagem de nutrientes, assegurando a fertilidade do solo (WELLS & JORGENSEN<sup>77</sup>; JORGENSEN *et alii*<sup>31</sup>).

Os povoamentos maduros de *P. taeda* tendem a ser auto-suficientes em termos de nutrientes devido aos processos de

ciclagem de nutrientes (SWITZER & NELSON<sup>66</sup>, JORGENSEN *et alii*<sup>31</sup>). No entanto, a remoção total da árvore do talhão diminui a quantidade de manta orgânica como fonte de nutrientes, transferindo novamente ao solo o papel principal de fonte de nutrientes. A exploração intensiva em solos de baixa fertilidade pode acarretar em deficiência de nutrientes nas rotações subsequentes, tornando necessário o emprego de fertilizantes para manter a produtividade (MÄLKÖNEN<sup>43</sup>, WELLS & JORGENSEN<sup>77</sup>, PHILLIPS & VAN LEAR<sup>50</sup>).

MÄLKÖNEN ressalta a importância dos resíduos das operações de desbaste na ciclagem de nutrientes. Além de ter efeito de adubo, em regiões de clima frio, os resíduos chegam a aumentar a temperatura do solo, acelerando a mobilização dos nutrientes e aumentando a atividade dos microorganismos de decomposição na camada de húmus. O autor considera que o aumento do crescimento das árvores remanescentes é em parte devido à manutenção no talhão dos resíduos da operação de desbaste.<sup>43</sup>

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a utilização dos resíduos dos desbastes compromete o suprimento de K. Os teores de K dos solos estudados são relativamente baixos (EMBRAPA & IAPAR<sup>22</sup>), principalmente com relação ao solo sob o povoamento de 3º desbaste. Também a análise química foliar indicou uma deficiência de K no povoamento de 3º desbaste. Além deste aspecto, o K foi o elemento que mais se acumulou na parte aérea das árvores, em relação ao total avaliado acima do solo mineral. O K é um elemento altamente móvel no interior do *P. taeda* (SWITZER & NELSON<sup>66</sup>) e a sua liberação da manta orgânica em decomposição é muito rápida

(JORGENSEN *et alii*<sup>31</sup>, BOERNER<sup>12</sup>). Também MÄLKÖNEN, citado por MÄLKÖNEN, constatou que, da quantidade total dos nutrientes móveis no sistema florestal, o K foi o que mais se acumulou na biomassa. O ciclo do K é muito rápido e a maioria do potássio total do húmus está na forma disponível. O autor afirma ainda que após a utilização total da árvore, o restabelecimento de K é muito dependente da decomposição das rochas.<sup>43</sup>

Finalizando, a permanência das acículas, ramos e se possível da casca das árvores desbastadas no sistema florestal mostra ser de grande importância para a ciclagem dos nutrientes, principalmente do K no povoamento de 3º desbaste.

Caso haja necessidade de utilização dos resíduos de exploração para fins energéticos, o retorno das cinzas das caldeiras ao campo é uma técnica que merece estudos (BALLONI *et alii*<sup>8</sup>).

Uma adubação balanceada na próxima rotação de *P. taeda* nas áreas estudadas será necessária para que os povoamentos cresçam com a intensidade prevista. Entretanto, maior atenção deverá ser dada à adubação potássica.

<sup>43</sup>MÄLKÖNEN, E. Annual primary production and nutrient cycle in some scots pine stands, Finlândia, Inst. For. Fenn. 84,5. 1974, Commun.

## 6 CONCLUSÕES

1 Para o povoamento de 1º desbaste, a variável DAP estimou a biomassa de acículas, ramos médios, copa viva total, casca do fuste total, madeira do fuste inferior e do fuste total com alta precisão, casca do fuste inferior e madeira do fuste superior com média precisão e casca do fuste superior e ramos finos com baixa precisão.

2 Para os povoamentos de 2º e 3º desbaste, a variável DAP estimou a biomassa de copa viva total, casca do fuste total e madeira comercial com alta precisão, acículas, ramos médios e grossos com média precisão e ramos finos com baixa precisão; para o 2º desbaste a casca do fuste inferior foi estimada com média precisão e do fuste superior com alta precisão e para o 3º desbaste ocorreu o inverso.

3 O estado nutricional dos povoamentos foi considerado bom com relação ao N, Ca, Fe, Mn, Cu e B. Os teores de P, K e Mg das acículas foram considerados baixos, sendo que no povoamento de 3º desbaste constatou-se deficiência de K.

4 De modo geral, os teores dos nutrientes das acículas foram os mais elevados; os ramos e a casca apresentaram teores intermediários entre as acículas e a madeira.

5 Os teores de N, P, K, Mg e Mn foram mais elevados nos ramos vivos do que nos mortos.

6 As variações dos teores de nutrientes da casca foram mais evidentes do que as variações dos teores de nutrientes da madeira, entre pontos de diferentes alturas do caule; exceto o Ca e o Cu, os teores dos demais nutrientes da casca aumentaram do fuste inferior para o ponteiro das árvores.

7 Os povoamentos de 7, 10 e 14 anos de idade, com 2.062, 1.240 e 731 árvores/ha; antes do 1º, 2º e 3º desbaste, apresentaram 72,7, 145,9 e 183,8 t/ha de matéria seca da parte aérea das árvores, respectivamente.

8 A parte aérea das árvores do povoamento de 7 anos, antes do 1º desbaste, apresentou os seguintes pesos de nutrientes, em kg/ha: 355,0 de N, 21,3 de P, 114,8 de K, 88,7 de Ca, 24,1 de Mg, 4,5 de Fe, 7,0 de Mn, 0,4 de Cu, 0,7 de Zn e 0,8 de B.

9 A parte aérea das árvores do povoamento de 10 anos, antes do 2º desbaste, apresentou os seguintes pesos de nutrientes, em kg/ha: 417,2 de N, 32,2 de P, 144,0 de K, 152,2 de Ca, 37,7 de Mg, 8,9 de Fe, 7,9 de Mn, 0,6 de Cu, 1,0 de Zn e 1,3 de B.

10 A parte aérea das árvores do povoamento de 14 anos, antes do 3º desbaste, apresentou os seguintes pesos de nutrientes, em kg/ha: 422,5 de N, 26,5 de P, 120,7 de K, 190,9 de Ca, 45,2 de Mg, 9,2 de Fe, 10,0 de Mn, 0,7 de Cu, 1,0 de Zn e 1,5 de B.

11 Os pesos de biomassa da manta orgânica foram de 7,7, 19,7 e 24,3 t/ha, respectivamente nos povoamentos de 7, 10 e 14 anos.

- 12 A manta orgânica sob o povoamento de 7 anos apresentou as seguintes quantidades de nutrientes, em kg/ha: 61,82 de N, 4,83 de P, 8,57 de K, 41,75 de Ca, 8,18 de Mg, 5,78 de Fe, 3,74 de Mn, 0,034 de Cu, 0,081 de Zn e 0,244 de B.
- 13 A manta orgânica sob o povoamento de 10 anos apresentou os seguintes pesos de nutrientes, em kg/ha: 161,05 de N, 10,67 de P, 9,22 de K, 61,26 de Ca, 9,71 de Mg, 25,02 de Fe, 4,94 de Mn, 0,081 de Cu, 0,163 de Zn e 1,01 de B.
- 14 A manta orgânica sob o povoamento de 14 anos apresentou os seguintes pesos de nutrientes, em kg/ha: 184,96 de N, 13,39 de P, 8,42 de K, 87,52 de Ca, 14,20 de Mg, 21,31 de Fe, 6,25 de Mn, 0,114 de Cu, 0,231 de Zn e 0,751 de B.
- 15 As exportações de matéria seca, com a retirada da madeira e casca do fuste de 38,4, 40,7 e 39,3% das árvores existentes, respectivamente no 1º, 2º e 3º desbaste, foram de 11, 36 e 49 t/ha, equivalentes a 14, 22 e 24% do peso total de matéria seca estimado acima do solo mineral.
- 16 A retirada da madeira e casca do talhão no 1º desbaste exportou os seguintes nutrientes, em kg/ha: 21,5 de N, 1,7 de P, 9,5 de K, 9,7 de Ca, 2,1 de Mg, 0,533 de Fe, 0,528 de Mn, 0,050 de Cu, 0,070 de Zn e 0,103 de B.
- 17 A retirada da madeira e casca do talhão no 2º desbaste exportou os seguintes nutrientes, em kg/ha: 52,8 de N, 5,2 de P, 24,0 de K, 31,9 de Ca, 6,3 de Mg, 2,019 de Fe, 1,233 de Mn, 0,120 de Cu, 0,204 de Zn e 0,296 de B.

18 A retirada da madeira e casca do talhão no 3º desbaste exportou os seguintes nutrientes, em kg/ha: 58,3 de N, 4,4 de P, 22,7 de K, 41,3 de Ca, 8,1 de Mg, 2,237 de Fe, 1,592 de Mn, 0,181 de Cu, 0,221 de Zn e 0,362 de B.

19 Os resíduos de operação de desbaste pesaram cerca de 7, 10 e 12 t/ha, equivalentes a 9, 7 e 5% do peso total de biomassa estimada acima do solo mineral, respectivamente, nos povoamentos de 1º, 2º e 3º desbaste.

20 Os resíduos do 1º desbaste apresentaram, em relação ao peso total estimado acima do solo mineral, 16% de N, 14% de P, 16% de K, 10% de Ca, 13% de Mg, 6% de Fe, 12% de Mn, 12% de Cu, 13% de Zn e 10% de B.

21 Os resíduos do 2º desbaste apresentaram, em relação ao peso total estimado acima do solo mineral, 13% de N, 12% de P, 15% de K, 8% de Ca, 13% de Mg, 2% de Fe, 9% de Mn, 10% de Cu, 10% de Zn e 5% de B.

22 Os resíduos do 3º desbaste apresentaram, em relação ao peso total estimado acima do solo mineral, 14% de N, 11% de P, 14% de K, 8% de Ca, 11% de Mg, 3% de Fe, 10% de Mn, 7% de Cu, 9% de Zn e 7% de B.

23 A permanência das acículas e ramos das árvores desbastadas no sistema florestal poderá ser de grande importância para a ciclagem dos nutrientes, principalmente para a do K.

APÉNDICE

TABELA 14. TEOR DE -UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Árvore nº	Acículas vivas	Ramos Vivos			Ramos Mortos	
		Finos	Médios	Grossos	Finos	Grossos
1	173,03	134,12	188,75	-	22,92	20,90
2	187,27	148,05	154,00	-	17,54	18,78
3	190,74	150,00	200,00	-	26,92	41,88
4	185,48	151,06	178,81	-	37,50	24,66
5	181,48	134,43	162,83	-	20,51	25,64
6	176,67	136,84	152,35	-	20,59	21,29
7	169,61	140,00	141,53	-	25,33	32,08
8	168,87	134,74	166,00	-	21,13	23,43
9	183,33	167,65	170,66	-	33,65	17,43
10	202,50	144,58	190,56	-	23,29	20,95
11	163,51	139,13	170,35	-	19,70	17,28
12	156,32	140,74	153,23	-	20,00	32,20
13	205,63	156,06	195,93	-	21,43	18,12
14	123,16	114,58	137,56	-	22,99	20,81
15	151,88	197,93	117,68	-	21,92	26,71
16	168,09	115,97	162,72	-	23,40	22,86
17	162,07	146,67	148,65	-	18,29	20,67
18	183,02	152,17	174,33	-	21,19	18,83
19	171,62	126,17	164,09	-	29,33	20,99
20	165,32	146,91	178,74	-	27,16	20,00
21	144,83	112,63	161,69	-	16,67	25,79
22	162,04	128,21	174,52	-	14,75	21,94
23	153,44	123,91	159,65	-	20,00	17,24
24	145,32	123,81	164,71	153,27	17,39	28,68
25	154,84	135,29	154,12	-	22,50	20,81
26	144,63	111,22	141,21	153,92	14,58	17,17
27	147,83	129,03	144,38	-	20,65	36,52
28	146,09	132,89	150,00	107,95	12,33	19,30
29	164,76	132,63	181,25	-	19,05	16,48
30	164,71	133,77	151,72	132,00	20,63	38,76
31	133,54	120,00	155,07	-	13,46	17,22
32	136,91	112,40	133,67	117,14	30,23	18,89
33	150,70	116,50	155,04	118,18	28,95	17,65
34	153,91	143,75	135,64	104,43	14,41	18,38
35	128,78	101,92	155,37	91,49	10,77	23,35
36	123,18	121,01	131,71	-	14,56	19,15
37	131,50	120,41	150,60	-	12,31	20,37
38	139,37	130,19	140,64	138,10	16,28	15,58
39	150,00	138,14	163,13	-	24,44	20,28
40	190,52	144,05	152,17	-	25,53	21,86
41	158,73	144,32	159,47	-	27,06	21,26
42	152,94	134,34	150,00	112,89	26,61	19,31
43	162,41	149,37	157,14	98,02	24,74	44,03
44	136,73	121,62	156,60	133,33	12,79	32,94
45	117,74	119,78	133,33	110,06	9,38	32,22
46	141,03	124,69	165,58	136,43	21,35	27,92
47	139,53	118,42	163,53	129,22	18,92	21,08
48	137,60	117,39	120,56	121,43	18,48	20,38
49	133,06	114,29	124,31	104,08	15,44	15,77
50	152,38	130,41	155,76	120,77	37,84	22,07
51	137,98	125,66	124,64	93,06	18,88	19,33

TABELA 15. TEOR DE UMIDADE, (%) EM RELAÇÃO AO PESO SECO; DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 1º DESBASTE (7 ANOS)

Árvore nº	Casca			Madeira		
	Fuste		Ponteiro	Fuste		Ponteiro
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
1	115,38*	-	192,00	179,06*	-	226,82
2	118,13*	-	176,38	196,30*	-	222,37
3	115,96*	-	156,20	204,03*	-	229,07
4	112,57*	-	165,71	159,28*	-	197,97
5	96,06*	-	156,82	135,09*	-	191,96
6	97,14	-	149,79	146,99	-	159,31
7	89,02	-	159,26	179,91	-	225,86
8	149,87	175,60	196,83	139,45	154,76	176,28
9	97,37	115,97	161,57	206,54	250,42	262,94
10	88,29	104,76	154,35	170,94	208,31	194,60
11	106,82	126,36	178,33	157,56	197,59	207,41
12	93,06	101,72	144,65	170,37	190,54	185,45
13	90,86	112,56	165,84	204,39	255,55	233,77
14	94,69	104,78	133,56	129,76	167,05	174,46
15	105,61	121,80	154,94	161,05	186,08	173,08
16	109,19	128,50	162,63	185,37	207,36	178,39
17	86,03	105,03	131,89	167,98	164,21	138,96
18	86,90	120,65	150,94	175,45	186,56	168,35
19	116,79	140,67	159,85	163,23	180,10	158,54
20	127,03	154,80	166,16	157,37	191,28	184,85
21	96,26	106,20	134,69	125,81	168,77	184,44
22	98,60	133,71	155,62	169,62	187,82	183,66
23	126,79	163,62	200,00	137,13	183,39	171,98
24	86,48	131,01	150,88	170,54	171,86	159,33
25	107,72	133,38	163,09	161,70	164,14	150,06
26	89,04	120,84	150,28	146,22	186,22	170,67
27	88,32	111,06	144,10	141,82	163,69	155,85
28	66,03	85,03	140,79	130,17	153,05	150,74
29	99,33	120,56	156,56	138,97	176,87	179,91
30	97,27	134,69	169,05	150,06	164,00	172,61
31	101,99	127,06	149,63	126,07	156,71	183,12
32	98,55	135,15	155,60	132,27	164,11	159,85
33	118,66	144,01	148,48	150,69	173,19	165,29
34	93,89	141,11	192,22	174,47	207,82	183,67
35	96,63	110,87	146,90	157,91	178,80	167,03
36	98,46	115,23	141,08	120,04	149,52	153,57
37	91,26	120,80	152,65	206,31	207,76	183,81
38	90,03	124,97	152,04	158,13	185,30	194,53
39	99,06	127,66	170,48	164,21	186,10	191,17
40	90,53	147,34	191,96	193,61	218,73	203,36
41	111,16	139,43	172,22	141,76	164,07	163,51
42	102,14	128,51	153,33	161,84	182,62	188,16
43	92,92	120,66	157,51	128,76	159,35	187,28
44	84,24	120,80	144,91	163,88	174,71	168,24
45	90,70	115,41	136,56	159,46	180,01	184,31
46	100,04	134,26	169,89	181,17	158,91	148,74
47	116,56	143,23	156,09	172,94	214,83	201,44
48	110,14	142,11	171,98	145,83	169,80	169,53
49	89,88	126,77	161,49	148,59	164,27	153,18
50	108,20	140,60	153,94	151,67	165,43	171,67
51	113,73	149,96	169,15	191,56	174,35	174,86

\* Dado de árvore que não apresenta fuste comercial (DAP menor que 7 cm) foi excluído da análise de regressão.

TABELA 16. TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DOS COMPONENTES DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Árvore nº	Acículas vivas	Ramos Vivos			Ramos Mortos		
		Finos	Médios	Grossos	Finos	Médios	Grossos
1	178,07	144,16	172,36	-	35,23	26,94	-
2	200,00	157,81	175,60	-	40,70	39,61	-
3	191,11	160,71	187,03	-	24,02	25,58	-
4	162,58	149,25	179,38	-	45,07	28,57	-
5	214,58	195,08	194,23	-	52,46	43,59	-
6	180,51	158,12	190,91	-	46,98	98,96	-
7	191,81	162,26	153,22	-	24,70	25,71	-
8	180,77	141,67	183,33	-	28,17	51,42	-
9	161,25	133,33	151,26	192,17	30,00	58,27	-
10	164,67	137,27	188,24	192,83	22,50	36,58	153,61
11	181,58	152,70	172,38	154,66	48,86	29,08	-
12	173,21	150,00	184,38	177,11	26,67	27,32	-
13	172,73	135,56	188,41	-	32,22	71,20	-
14	162,96	149,37	168,42	162,46	23,58	27,33	-
15	154,04	115,08	139,55	149,00	22,40	40,13	-
16	180,67	141,82	162,04	165,48	25,61	32,89	-
17	163,28	125,45	164,71	-	25,89	25,87	-
18	146,49	123,75	144,72	148,26	22,68	23,87	25,16
19	135,11	107,50	141,91	132,08	21,62	22,22	25,44
20	150,41	132,23	157,94	172,73	26,25	25,15	24,14
21	158,62	127,78	156,94	160,71	27,68	23,93	-
22	173,95	130,14	159,29	184,46	26,23	25,17	-
23	139,02	126,53	151,91	124,20	18,92	21,50	28,03
24	164,81	142,47	209,62	215,38	27,14	26,54	29,23
25	129,45	93,50	133,50	96,46	22,88	22,22	-
26	158,21	133,77	151,09	153,49	25,76	26,47	-
27	164,71	135,65	165,03	152,60	28,89	26,42	-
28	136,22	117,39	146,05	125,86	16,13	24,85	24,00
29	143,87	138,37	166,67	185,35	25,45	42,24	30,23
30	184,38	134,65	185,37	165,70	75,27	32,37	48,07
31	174,86	134,69	163,41	133,06	36,99	28,92	28,07
32	134,57	110,20	139,51	92,59	15,22	20,78	21,55
33	146,95	127,83	167,52	140,92	30,68	24,31	42,03
34	173,59	151,89	165,53	166,22	63,58	43,64	84,46
35	134,81	114,63	160,73	108,64	70,97	19,59	33,06
36	143,50	128,72	161,97	158,82	23,15	23,17	22,90
37	128,64	117,54	141,22	131,88	23,17	23,33	39,00
38	160,24	137,50	170,39	134,68	38,46	45,60	104,54
39	133,75	130,95	139,76	103,07	21,30	20,93	31,73

TABELA 17. TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 2º DESBASTE (10 ANOS)

Árvore nº	Casca			Madeira		
	Fuste		Ponteiro	Fuste		Ponteiro
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
1	111,21	137,27	151,11	158,09	192,84	170,50
2	83,47	109,06	160,81	169,86	219,95	221,57
3	63,43	109,32	172,37	258,84	256,51	243,43
4	114,58	133,06	147,05	167,98	224,51	193,96
5	133,33	176,73	196,54	205,28	235,33	202,99
6	99,58	122,18	163,68	189,97	226,81	242,54
7	95,71	90,92	140,81	174,50	185,96	173,83
8	98,14	129,83	172,22	173,04	192,79	182,20
9	102,69	130,36	176,72	147,09	174,70	175,43
10	76,83	101,45	133,01	187,54	216,75	185,07
11	95,78	131,62	178,84	146,21	182,11	179,08
12	79,44	132,81	167,65	144,05	185,02	179,93
13	77,35	128,00	156,93	183,12	228,47	203,44
14	78,86	99,64	141,11	161,29	202,58	202,07
15	65,57	126,69	158,15	125,31	157,61	150,20
16	79,16	126,14	168,80	143,31	179,83	160,84
17	91,14	142,03	146,67	170,05	207,58	156,91
18	90,33	128,76	138,15	137,63	190,93	151,08
19	99,99	128,20	143,79	156,70	188,44	148,59
20	82,69	131,59	149,84	158,50	193,29	179,44
21	86,91	108,18	123,33	124,44	173,53	160,93
22	86,86	129,94	196,97	149,88	174,22	167,12
23	79,32	131,18	164,22	139,83	197,28	157,04
24	100,02	143,94	147,18	183,42	207,49	202,10
25	78,36	109,47	154,10	121,31	136,96	128,91
26	109,34	157,10	176,67	195,60	226,89	200,53
27	84,31	119,53	165,19	154,95	186,12	187,44
28	89,62	138,70	150,57	137,03	169,56	169,50
29	104,12	151,11	193,91	203,05	192,03	179,45
30	115,39	142,32	201,11	171,59	181,67	173,76
31	108,57	152,94	185,33	159,28	176,49	173,32
32	78,97	123,12	154,82	151,96	182,31	170,27
33	104,86	131,71	156,89	148,07	169,93	155,53
34	128,10	162,61	218,80	172,35	179,89	157,95
35	98,31	132,40	152,97	173,27	175,85	187,14
36	98,10	135,92	148,22	161,00	161,69	166,34
37	78,87	113,23	154,76	148,84	171,06	152,60
38	127,14	145,36	171,16	181,34	171,71	132,96
39	96,89	140,15	163,61	169,81	171,45	155,13

TABELA 18. TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DOS COMPONENTES DA COPA DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS)

Árvore nº	Acículas vivas	Ramos Vivos			Ramos Mortos		
		Finos	Médios	Grossos	Finos	Médios	Grossos
1	180,70	138,64	167,35	136,71	35,87	24,64	27,05
2	153,93	166,67	135,39	-	25,00	23,68	-
3	169,89	129,47	164,52	135,20	29,76	27,27	-
4	151,60	129,89	150,00	140,00	29,21	24,04	28,57
5	151,18	128,38	145,18	-	19,15	25,15	54,14
6	141,09	116,90	146,36	109,64	22,83	26,32	-
7	139,86	121,65	153,03	118,26	20,00	23,95	26,92
8	127,50	106,67	146,67	136,02	20,37	23,88	32,97
9	156,44	115,96	156,85	105,16	26,88	24,12	33,33
10	132,84	110,68	135,12	104,88	18,70	21,18	25,00
11	135,18	116,49	139,09	104,24	20,75	25,31	25,49
12	125,60	110,14	147,47	112,10	16,67	27,60	31,43
13	141,21	126,93	162,68	128,82	27,45	24,87	31,20
14	125,14	110,91	129,89	130,96	20,91	24,09	42,22
15	122,98	107,41	130,73	111,29	22,48	26,50	25,90
16	143,78	127,45	160,00	125,38	25,52	23,89	32,13
17	125,42	113,51	130,26	109,12	23,85	22,71	25,68
18	121,47	108,26	144,72	107,97	19,19	40,77	-
19	144,00	130,39	171,17	140,95	26,26	25,17	25,81
20	157,49	126,95	155,22	107,71	25,27	27,10	26,62
21	126,43	109,73	127,70	97,49	24,44	24,22	26,97
22	141,92	115,48	151,30	145,37	18,25	20,30	22,11
23	116,84	118,64	143,40	126,64	19,09	22,30	33,33
24	109,73	100,85	137,50	90,12	24,71	29,79	42,18
25	126,97	117,54	150,00	134,75	18,81	22,39	24,00

TABELA 19. TEOR DE UMIDADE (%), EM RELAÇÃO AO PESO SECO, DA CASCA E MADEIRA DO CAULE DAS ÁRVORES DE *P. taeda* NO 3º DESBASTE (14 ANOS)

Árvore nº	Casca			Madeira		
	Fuste		Ponteiro	Fuste		Ponteiro
	Inferior	Superior		Inferior	Superior	
1	77,25	129,59	157,04	173,81	202,93	189,37
2	58,87	100,61	106,02	152,13	170,76	190,74
3	76,13	129,80	153,41	164,28	166,26	149,18
4	69,92	112,41	153,33	149,73	177,93	171,10
5	76,56	118,97	152,56	147,51	171,95	150,52
6	55,57	99,90	118,10	127,23	169,77	159,96
7	74,58	121,11	131,21	131,81	168,73	164,98
8	77,09	110,77	136,55	111,26	173,42	144,51
9	77,07	118,60	141,39	163,55	177,15	160,39
10	68,56	106,26	134,20	118,85	126,45	127,48
11	76,44	119,99	162,08	131,55	159,97	171,34
12	83,32	140,29	154,63	152,61	173,09	130,40
13	82,87	137,01	156,14	121,44	147,39	152,68
14	90,54	119,58	147,89	151,01	180,63	189,40
15	83,58	114,16	131,54	120,06	157,54	163,02
16	81,29	131,23	147,78	139,38	169,97	173,65
17	78,12	126,02	150,44	128,46	163,77	175,79
18	69,01	112,11	122,85	125,07	167,03	155,06
19	88,42	122,41	152,43	143,83	171,07	169,02
20	101,56	141,45	160,48	140,39	156,79	149,57
21	70,61	102,08	136,39	114,18	115,41	121,09
22	72,12	111,06	132,95	140,20	148,01	145,76
23	77,29	118,29	156,63	169,67	203,35	188,00
24	70,79	105,66	161,39	153,58	147,11	127,40
25	81,48	117,05	151,92	122,75	146,89	164,82

## SUMMARY

### BIOMASS AND NUTRIENT EXPORTATION FROM *Pinus taeda* L. PLANTATIONS THINNED AT DIFFERENT AGES

Three *Pinus taeda* L. plantations 7, 10 and 14 years old, ready to be submitted to the first, second and third thinnings respectively, were sampled from June to September 1985 in order to determine the dry matter and nutrient contents from above-stump parts of removed and remaining trees and from the forest floor components.

Fifty one, thirty nine and twenty five sample trees of 7, 10 and 14 years old plantations respectively, were selected and sampled to cover the full range of the trees diameters (DBH). Regression equations for estimating the weights of the tree components based on DBH were developed. Sixty 0.25 m<sup>2</sup> sample plots were randomly placed under 7 years old plantation to collect the forest floor. Under the 10 and 14 years old plantations 180 plots were used.

In the 7, 10 and 14 years old plantations, with 2,062, 1,240 and 731 trees/ha (before thinning) were estimated 72.7, 145.9 and 183.8 t/ha of biomass in above-stump parts of trees respectively. Nutrient content of above-stump biomass ranged from 413 g/ha for Cu of 7 years old plantation to 422.5 kg/ha for N of 14 years old plantation.

The forest floor contained 7.7, 19.7 and 24.3 t/ha of biomass under 7, 10 and 14 years old plantations respectively. Nutrient content of forest floor biomass ranged from 34 g/ha of Cu under 7 years old plantation to 185 kg/ha of N under 14 years old plantation.

The thinnings of 38.4, 40.7 and 39.3% of trees removed 11, 36 and 49 t/ha stem wood plus bark from 7, 10 and 14 years old plantations respectively. This weights represented 14, 22

and 24% of the biomass estimated above mineral soil. With wood plus bark removed from stands, were exported from 50 g/ha of Cu in the first thinning to 58.3 kg/ha of N in the third thinning.

The branches and needles, as slash of thinning operations, weighed approximately 7, 10 and 12 t/ha, equivalent to 9, 7 and 5% of the biomass estimated above mineral soil in the 7, 10 and 14 years old plantations respectively. This residues contained from 2% of Fe to 16% of N and K in relation of total weight estimated above mineral soil. The slash remaining in the forest will be important to the nutrient cycle, mainly to the K cycle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALDER, D. *Forest volume estimation and yield prediction. Yield prediction.* Roma, 1980. V.2. 194p. (FAO Forestry Paper, 22).
- 2 ALEMDAG, I.S. *Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships.* Petawawa National Forestry Institute, 1980. 38p. (Information Report PI-X.4).
- 3 \_\_\_\_\_. & STIELL, W.M. Spacing and age effects on biomass production in red pine plantations. *The Forestry Chronicle*, 58(5): 220-24, 1982.
- 4 ANDRAE, F. & KRAPPENBAUER, A. Inventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos em Passo Fundo, RS. Parte II: Inventário de nutrientes. In: \_\_\_\_\_. *Pesquisas austro-brasileiras 1973 - 1982 sobre Araucaria agustifolia, Podocarpus lambertti e Eucalyptus saligna.* Santa Maria, Universidade de Santa Maria, 1983. p.30-55.
- 5 ARMSON, K.A. *Soil and plant analysis techniques as diagnostic criteria for evaluating fertilizer needs and treatment response.* Upper Darby, P.A., USDA, Forest Service, 1973. p.155-66. (General Technical Report, NE-3).
- 6 BAKER, T.G. Dry matter, nitrogen, and phosphorus content of litterfall and branchfall in *Pinus radiata* and *Eucalyptus* forests. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 13(2):205-21, 1983.
- 7 \_\_\_\_\_. & ATTIWILL, P.M. Loss of organic matter and elements from decomposing litter of *Eucalyptus obliqua* L'Hérit. and *Pinus radiata* D.Don. *Australian Forest Research*, 15(3):309-19, 1985.

- 8 BALLONI, E.A. *et alii*. Estratégias para a formação de florestas para energia. In: SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS, 2., São Paulo, 1982. *Palestras apresentadas*. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p.1-25.
- 9 BARBER, B.L. & VAN LEAR, D.A. Weight loss and nutrient dynamics in decomposing woody loblolly pine logging slash. *Soil Science Society of America Journal*, 48(4): 906-10, 1984.
- 10 BASKERVILLE, G.L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. *Canadian Journal of Forest Research*, 2(49):49-53, 1972.
- 11 BASSON, W.D. *et alii*. An automated procedure for the determination of boron in plant tissue. *Analyst*, 94:1135-1141, 1969.
- 12 BOERNER, R.E.J. Nutrient fluxes in litterfall and decomposition in four forests along a gradient of soil fertility in southern Ohio. *Canadian Journal of Forest Research*, 14(6):794-802, 1984.
- 13 BRASIL. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo (Contribuição à carta de solos do Brasil). Rio de Janeiro. 1960. 634p. (Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 12).
- 14 BRENDER, E.V. & WILLIAMS, S. Fuel accumulations in piedmont loblolly pine plantations. Asheville, USDA, Forest Service, 1976. 4p. (Research Note, SE-233).
- 15 BROWN, J.K. Predicting crown weights for 11 rocky mountain conifers. In: IUFRO CONGRESS, Ogden, Utah U.S.A., USDA Forest Service, 1976. p.103-15.
- 16 \_\_\_\_\_. *Weight and density of crowns of rocky mountain conifers*. Ogden, USDA, Forest Service, 1978. 56p. (Research Paper, INT-197).
- 17 CAREY, M.L. *et alii*. *Pinus radiata* forest floors: factors affecting organic matter and nutrient dynamics. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 12(1):36-48, 1982.
- 18 CASTRO, C.F. de A. *et alii*. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. *IPEF*, 20:61-74, 1980.

- 19 DOLDAN, M.E.Q. *Desenvolvimento da altura dominante de Pinus taeda L. como resposta aos estímulos dos fatores do meio, na região de Ponta Grossa.* Curitiba, 1987. 119p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 20 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 2a. Rio de Janeiro, 1983. *Anais.* Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNCS-SBCS, 1983. p.60-8.
- 21 \_\_\_\_\_. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo.* Rio de Janeiro, 1979. 46p.
- 22 \_\_\_\_\_. & FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná,* Londrina, 1984. 791p. 2v. (Boletim Técnico, 16).
- 23 FIALA, K. Direkte Bestimmung von Bor im pflanzenmaterial nach der kurkuminmethode. *Plant and Soil*, 38:473-6, 1973.
- 24 GODOY, H. *et alii.* Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Manual Agropecuário para o Paraná.* Londrina, 1976. p.17-37.
- 25 HALL, M. Establishment of radiata pine on a high altitude second rotation site. 1. Effect of site preparation on nutrient capital. *Australian Forestry*, 47(3):194-8, 1984.
- 26 HANSEN, E.A. & BAKER, J.B. Biomass and nutrient removal in short rotation intensively cultured plantations. In: IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING. Syracuse, 1979. *Proceeding.* Syracuse, College of Environmental Science and Forestry, 1979. p.130-51.
- 27 HEEP, T.E. & BRISTER, G.H. Estimating crown biomass in loblolly pine plantations in the Carolina Flatwoods. *Forest Science*, 28(1):115-27, 1982.
- 28 HILDEBRAND, C. *et alii.* *Manual de análise química de solos e plantas.* Curitiba, UFPR - Setor de Ciências Agrárias, 1976/77. 255p.

- 29 HOUGH, W.A. Phytomass and nutrients in the understory and forest floor of slash/longleaf pine stands. *Forest Science*, 28(2):359-72, 1982.
- 30 INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. *Inventário Nacional das florestas plantadas nos Estados do Paraná e Santa Catarina*. Brasília, 1982. 293p.
- 31 JORGENSEN, J.R. *et alii*. Nutrient changes in decomposing loblolly pine forest floor. *Soil Science Society of America Journal*, 44(6):1307-14, 1980.
- 32 KLEMMEDSON, J.O. *et alii*. Needle decomposition and nutrient release in ponderosa pine ecosystems. *Forest Science*, 31(3):647-60, 1985.
- 33 LANE, C.L. Forest stand conversion from hardwoods to pines: effects on soil nutrients, microorganisms and forest floor weight during the first seven years. *Forest Science*, 21(2):155-9, 1975.
- 34 LEA, R. & BALLARD, R. Relative effectiveness of nutrient concentrations in living foliage and needle fall at predicting response of loblolly pine to N and P fertilization. *Canadian Journal of Forest Research*, 12(3):713-17, 1982.
- 35 LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1982. 46p.
- 36 LOCKABY, B.G.; ADAMS, J.C. Dry weight and nutrient content of fuelwood biomass from loblolly pine stands in North Louisiana. *Forest Science*, 32(1):3-9, 1986.
- 37 LOPES, M.I.M.S. *et alii*. Influência do cultivo de *Pinus* sobre a manta orgânica e propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Escuro primitivamente sob vegetação de cerrado. *Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz"*, 40:423-36, 1983.
- 38 LUTZ, H.J. & CHANDLER Jr., R.F. *Forest soils*. 9.ed. New York, John Wiley & Sons, 1961. 514p.
- 39 MACHADO, S.A. *Studies in growth and yield estimation for Pinus taeda L. plantations in the state of Paraná - Brazil*. Washington, 1978. 170p. Dissertation. Doctor of Philosophy. University of Washington.

- 40 MADGWICK, H.A.I. *et alii*. Above-ground dry matter, energy, and nutrient contents of trees in an age series of *Pinus radiata* plantations. *New Zealand Journal of Forest Science*, 13(2):222-8, 1983.
- 41 \_\_\_\_\_. & KREH, R.E. Biomass estimation for virginia pine trees and stands. *Forest Science*, 26(1):107-11, 1980.
- 42 MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola. Nutrição de plantas e fertilidade do solo*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- 43 MÄLKÖNEN, E. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. *Silva Fennica*, 10(3):157-64, 1976.
- 44 MARION, G.M. Biomass and nutrient removal in long-rotation stands. In: IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING. Syracuse, 1979. *Proceedings*. Syracuse, College of Environmental Science and Forestry, 1979. p.28-110.
- 45 McNAB, W.H. & BERRY, C.R. Distribution of aboveground biomass in three pine species planted on a devastated site amended with sewage sludge or inorganic fertilizer. *Forest Science*, 31(2):373-82, 1985.
- 46 METZ, L.J. "Forest floor in the Piedmont region of South Carolina". *Soil Science Society of America Proceedings*, 18(3):335-8, 1954.
- 47 MORRISON, I.K. & FOSTER, N.K. Biomass and element removal by complete-tree harvesting of medium rotation forest stands. In: IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING. Syracuse, 1979. *Proceedings*. Syracuse, College of Environmental Science and Forestry, 1979. p.111-29.
- 48 PEHL, C.E. *et alii*. Total biomass and nutrients of 25-year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *Forest Ecology and Management*, 9(3):155-60, 1984.
- 49 PERALA, D.A. & ALBAN, D.H. Biomass, nutrient distribution and litterfall in populus, pinus and picea stands on two different soils in Minnesota. *Plant and Soil*, 64:177-92, 1982.
- 50 PHILLIPS, D.R. & VAN LEAR, D.H. Biomass removal and nutrient drain as affected by total-tree harvest in southern pine and hardwood stands. *Journal of Forestry*, 82(9):547-50, 1984.

- 51 PINHEIRO, G.S. *Estimativa do peso de copas de Pinus caribaea Morelet variedade hondurensis Barr. et Golf. e Pinus oocarpa Shiede, através de parâmetros dendrométricos.* Curitiba, 1980. 105p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.
- 52 POGGIANI, F. *Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de Eucalyptus e Pinus: implicações silviculturais.* Piracicaba, 1985. 211p. Tese. Livre-Docência. Universidade de São Paulo. ESALQ.
- 53 POPE, P.E. & GRANEY, D.L. *Family differences influence the aboveground biomass of loblolly pine plantations.* Arkansas, USDA, Forest Service, 1979. 6p. (Research Paper, SE-155).
- 54 PRITCHETT, W.L. *Properties and management of forest soils.* New York, John Wiley & Sons, 1979, 500p.
- 55 REISSMANN, C.B. *Morfologia dos horizontes de humus em florestas de caníferas exóticas no sul do Brasil.* *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, 5:11-16, 1983.
- 56 \_\_\_\_\_. *Nährelementversorgung und Wachstumsleistung von Kiefernbeständen in Südbrasilien.* Freiburg, 1981. 159p. Tese. Doutorado. Albert - Ludurgs - Universität.
- 57 SATOO, T. *Forest biomass.* The Hague, Martinus Nighoff/ Dr W. Junk, 1982, 152p.
- 58 SAUCIER, J.R. *Estimation of biomass production and removal.* In: *IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING.* Syracuse, 1979. *Proceedings.* Syracuse, College of Environmental Science and Forestry, 1979. p.172-89.
- 59 SIEMON, G.R. *et alii.* *Effect of thinning on the distribution and biomass of foliage in the crown of radiata pine.* *New Zealand Journal of Forestry Science*, 10(3): 461-75, 1980.
- 60 SINGH, T. *Biomass equations for ten major tree species of the prairie provinces.* Environment Canada, Canadian Forestry Service, 1982. 35p. (Information Report NOR-X-242).
- 61 SMITH, W.H. *et alii.* *Development of the shoot system of young loblolly pine. II Dry matter and nitrogen accumulation.* *Forest Science*, 17(1):55-62, 1971.

- 62 SOIL SURVEY STAFF. *Soil classification: a comprehensive system, 7<sup>th</sup> approximation*. Washington, Govt. Print. Off. 1960. 265p.
- 63 SOIL SURVEY STAFF. *Supplement to soil classification system, 7<sup>th</sup> approximation*. Washington, Govt. Print. Off. 2.ed. 1967. 207p.
- 64 SOUZA, P.E. *Glossário de termos e expressões florestais*. Guanabara, Fundação IBGE, 1973. 304p.
- 65 STEEL, D.G.R. & TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633p.
- 66 SWITZER, G.L. & NELSON, L.E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) Plantation ecosystems: the first twenty years. *Soil Science Society of America Proceedings*, 36:143-7, 1972.
- 67 TIMONI, J.L. & PAGANO, S.N. Caracterização e quantificação de elementos minerais de um povoamento de *Pinus kesiya* Royle ex Gordon no município de Itirapina (SP). *Silvicultura*, 41:69, 1986.
- 68 TREVISAN, E. *et alii*. Morfologia dos horizontes orgânicos acumulados sob povoamento de *Pinus taeda* L., em três sítios distintos. *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, 9. 4p. 1987. (no prelo).
- 69 VAN DEN DRIESSCHE, R. Nutrient storage, retranslocation and relationship of trees to nutrition. In: BOWEN, G. D. & NAMBIAR, E.K.S. *Nutrition of plantation forests*. Londres, Academic Press, 1984. p.181-209.
- 70 VAN LEAR, D.H. *et alii*. Biomass and nutrient content of a 41-year-old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation on a poor site in South Carolina. *Forest Science*, 30 (2):395-404, 1984.
- 71 VAN RAIJ, B. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba, Instituto de Potassa & Fosfato, 1981. 142p.
- 72 VEIGA, A.A. & BICUDO, L.P. *Terminologia em silvicultura*. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral-CATI da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1969. 10p. (Boletim Técnico - SCR, 53).
- 73 VIEIRA, L.S. *Manual da Ciência do solo*. São Paulo, Agrônômica Ceres, 1975. 464p.

74. \_\_\_\_\_ & VIEIRA, M.N.F. *Manual de morfologia e classificação de solos*. 2.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1983. 313p.
- 75 WEBBER, B. & MADGWICK, H.A.I. Biomass and nutrient content of a 29 - Year - old *Pinus radiata* stand. *New Zealand Journal of Forest Science*, 13(2):222-8, 1983.
- 76 WELLS, C.G. Nutrient relationships between soils and needles of loblolly pine (*Pinus taeda*). *Soil Science Society of America Proceedings*, 29(5):621-4, 1965.
- 77 \_\_\_\_\_ & JORGENSEN, J.R. Effect of intensive harvesting on nutrient supply and sustained productivity. In: IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING. New York, State University of New York, 1979. p.212-30.
- 78 \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. *Nutrient cycling in loblolly pine-silvicultural implications*. In: TAPPI CONFERENCE PAPERS, Madison, Wis., 1977. Madison, Wis., TAPPI, 1977. p.89-93.
79. \_\_\_\_\_ & METZ, L.J. Variation in nutrient content of loblolly pine needles with season, age, soil, and position on the crown, *Soil Science Society of America Proceedings*, 27(1):90-93, 1963.
- 80 YOUNG, H.E. & CARPENTER, P.N. Sampling variation of nutrient element content within and between trees of the same species. In: OSLO BIOMASS STUDIES, Oslo, Norway, 1976. *Papers of S4.01 meeting*. Orono, University of Maine/IUFRO, 1976. p.75-99.
- 81 ZÖTTL, H.W. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands, In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION. Paris, Ministère de l'Agriculture, 1973. p.75-95.