

BIOMASSA E NUTRIENTES REMOVIDOS NO PRIMEIRO DESBASTE DE UM POVOAMENTO DE *Pinus taeda* L. EM CAMBARÁ DO SUL, RS¹

Márcio Viera², Mauro Valdir Schumacher³ e Darlan Michel Bonacina⁴

RESUMO – Objetivou-se, neste estudo, avaliar a biomassa e a remoção de nutrientes durante o primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda*, com nove anos de idade, em Cambará do Sul-RS. Realizou-se um inventário dendrométrico dos indivíduos que seriam retirados do povoamento no primeiro desbaste. Os indivíduos foram distribuídos em quatro classes diamétricas. Foram abatidos três indivíduos de cada classe e separados acículas, galhos vivos, galhos mortos, casca da madeira comercial, madeira comercial, casca da madeira do ponteiro e madeira do ponteiro. Esses componentes foram amostrados e analisados quanto aos teores de macro e micronutrientes. A biomassa resultante do primeiro desbaste foi de 35,7 Mg ha⁻¹, com a seguinte magnitude de distribuição: madeira comercial > galhos vivos > casca contida na madeira comercial > acículas > madeira do ponteiro > galhos mortos > casca do ponteiro. As acículas apresentaram os maiores teores de macronutrientes e, juntamente com a casca do ponteiro, apresentaram também os maiores de micronutrientes. A colheita da casca e de madeira comercial resultou na seguinte remoção de macronutrientes, em kg ha⁻¹: 46,2 de N; 25,1 de Ca; 15,2 de K; 10,0 de S; 6,7 de Mg e 5,4 de P; e de micronutrientes, em g ha⁻¹: 2.641 de Mn; 1026 de Fe; 240 de Zn; 234 de B e 66 de Cu.

Palavras-chave: Nutrição florestal, Exploração florestal e *Pinus taeda*.

BIOMASS AND REMOVED NUTRIENTS IN THE FIRST THINNING OF *Pinus taeda* L. STAND IN CAMBARÁ DO SUL, RS

ABSTRACT – The objective of this study was to quantify the biomass and removal of nutrients in the first thinning of *Pinus taeda* stand at nine years of age in Cambará do Sul-RS. A forest inventory of the individuals that would be removed from the stand in the first thinning was done. The individuals were distributed in four diametric classes. Three individuals in each class were cut off and needles, live branches, dead branches, bark from the commercial wood, commercial wood, bark from the top wood and top wood were separated. These components were sampled and analyzed for contents of macro and micronutrients. The biomass resulting from the first thinning was 35.7 Mg ha⁻¹, with the following magnitude distribution: commercial wood > live branches > bark in commercial wood > needles > top wood > dead branches > bark from the top wood. The needles presented the greatest concentration of macronutrients, which together with the bark from the top wood, also show the greatest amount of micronutrients. Harvest of bark and commercial wood in the first thinning resulted in the following removal of macronutrients: 46.2 kg ha⁻¹ of N, 25.1 kg ha⁻¹ of Ca, 15.2 kg ha⁻¹ of K, 10.0 kg ha⁻¹ of S, 6.7 kg ha⁻¹ of Mg and 5.4 kg ha⁻¹ of P, and for micronutrients, the values were: 2,641 g ha⁻¹ of Mn, 1,026 g ha⁻¹ of Fe, 240 g ha⁻¹ of Zn, 234 g ha⁻¹ of B and 66 g ha⁻¹ of Cu.

Key words: Forest nutrition, forest exploration and *Pinus taeda*.

¹ Recebido em 16.10.2008 e aceito para publicação em 14.04.2011.

² Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, Santa Maria, RS. E-mail: <viera@florestal@yahoo.com.br>.

³ Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, Cidade Universitária, Santa Maria, RS. E-mail: <schumacher@pesquisador.cnpq.br>.

⁴ Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil. E-mail: <darlanbonacina@yahoo.com.br>.

1. INTRODUÇÃO

O *Pinus taeda* foi introduzido no País principalmente em função dos incentivos fiscais, nos anos 60. Assim, formaram-se diversos núcleos de plantações florestais, dentre os quais o de Cambará do Sul, no Rio Grande do Sul, que é o principal responsável pela maioria dos empregos diretos e indiretos gerados na região (CARON NETO, 2001). Esses núcleos são responsáveis por importantes atividades industriais, como produção de celulose e papel, embalagens, aglomerados, mobiliário, compensados e chapas (FERREIRA et al., 2004; MORO, 2005).

O estudo desses povoamentos, em especial o que diz respeito à exportação de nutrientes através da colheita da biomassa florestal, é a base para o entendimento da dinâmica nutricional em uma plantação. Em plantios novos, é vital para a produção contínua e sustentada, possibilitando a previsão de situações que poderiam ser críticas a médio e longo prazos, tanto em relação à produtividade quanto às características químicas do solo.

Nesse contexto, Barichello (2003) salienta que, se não forem realizadas práticas silviculturais adequadas nesses maciços, seu cultivo pode causar, dentre outros, a redução no estoque de nutrientes, comprometendo a produtividade contínua do ecossistema. Esta redução acentuou-se com a intensificação das técnicas de manejo aplicadas nas plantações de *pinus* no sul do Brasil, onde a demanda de nutrientes pelas plantas aumentou e poderá não ser satisfeita temporal e espacialmente pelo solo, requerendo uma suplementação de nutrientes por meio de fertilizantes (BARROS FILHO, 2003; BURKES et al., 2003; MORO, 2005).

Para avaliar práticas de manejo tanto em ecossistemas de florestas plantadas quanto naturais, o estudo da biomassa e de nutrientes removidos com a colheita florestal configura-se como um fator essencial em favor do uso sustentado desses ecossistemas. Por essa razão, a escolha de um sistema adequado de exploração florestal resultará na manutenção da produtividade do sítio (FREITAS, 2000). A remoção de nutrientes pela colheita florestal, segundo Ferreira et al. (2004) e Cobb et al. (2008), é um dos fatores a ser considerado para a manutenção da produtividade dos sítios, principalmente quando há baixo suprimento de nutrientes no solo. Explorações intensivas em rotações curtas, sem previsão de um período mínimo necessário

para reposição de nutrientes, têm sido apontadas como as maiores responsáveis pela diminuição da fertilidade do solo (COBB et al., 2008).

Estimar a remoção de macro e micronutrientes, portanto, através dos diferentes componentes das árvores é importante para a compreensão de um manejo conveniente (GOLLEY et al., 1978; LA TORRACA et al., 1984; SCHUMACHER et al., 2008). Objetiva-se com este estudo avaliar a biomassa e a exportação de nutrientes durante o primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. no município de Cambará do Sul, RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em um povoamento de *Pinus taeda*, localizado em área da empresa Cambará S/A no município de Cambará do Sul, situado na coordenada geográfica de 28°57'38,7" de latitude sul e 50°08'30,7" de longitude oeste, numa altitude média de 985 m, no nordeste do Rio Grande do Sul, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra.

Segundo a classificação climática de Köppen, o tipo de clima predominante é o Cfb (temperado úmido), a precipitação média anual na região é de 1.700 mm, bem distribuída durante o ano. A temperatura média anual é de aproximadamente 15 °C, a média das temperaturas máximas durante o ano é de 22 °C e a média das temperaturas mínimas é de 8,5 °C (MORENO, 1961). Quanto ao solo, o material de origem é rocha basáltica, resultante do derrame basáltico do Triássico Superior, predominando solos rasos com horizonte A de coloração escura, com baixa saturação de bases e teor elevado de alumínio trocável. O solo da região pertence à Unidade de Mapeamento Bom Jesus e é classificado como Cambissolo Húmico alumínico típico (STRECK et al., 2002).

Para o estudo, foi escolhida uma área em que o povoamento apresentava condições homogêneas em relação ao seu potencial produtivo, para o inventário e para a coleta de dados relativos à biomassa, conforme especificações de Finger (1992) e Pélico Netto e Brena (1997).

No plantio de *Pinus taeda*, com nove anos de idade e um espaçamento de 3 m x 2 m (1.666 árvores ha⁻¹), foram demarcadas três parcelas de formato retangular com 18 m x 30 m. Nelas foram realizadas as medições de diâmetro à altura do peito (DAP), com o auxílio de uma fita diamétrica, em todos os indivíduos selecionados para o primeiro

desbaste, o que correspondeu a 35,6% (593 árvores ha⁻¹) do total do povoamento. Essas árvores foram retiradas (Tabela 1) para disponibilização de espaço de crescimento para árvores remanescentes, por serem as de menor vigor em crescimento em diâmetro, com deformações do tronco ou de copa (SCHNEIDER, 2004), bem como todos os indivíduos localizados na sexta linha de plantio do povoamento, para facilitar a remoção da madeira desbastada. As características dendrométricas dos indivíduos desbastados são descritas na Tabela 1.

Mediante o inventário florestal, os indivíduos foram classificados em quatro classes diamétricas (9,5-13,5; 13,5-17,5; 17,5-21,5 e 21,5-25,5 cm). A determinação da biomassa baseou-se na amostragem de 12 árvores, 3 em cada classe diamétrica. Uma vez identificadas, elas foram abatidas e fracionadas nos componentes: acículas; galhos vivos; galhos mortos; casca da madeira comercial; madeira comercial; casca de ponteiro e madeira de ponteiro. Em seguida, o material foi pesado em balança de prato com precisão de 50 g, para a obtenção da biomassa verde total. Considerou-se ponteiro toda a parte do fuste onde o diâmetro era inferior a 8 cm.

Para estimar a biomassa e os nutrientes, coletaram-se amostras dos diferentes componentes, procedendo-se da seguinte forma: para análise da acícula, galho vivo e morto, foi coletada uma amostra por árvore e componente; de madeira comercial e casca da madeira comercial, foram três amostras por árvore e componente, nas posições de 1,30 m (DAP), na metade do comprimento e na extremidade superior do tronco comercial, onde o diâmetro era de 8 cm; e de madeira e casca do ponteiro, coletou-se uma única amostra por árvore e componente, na porção média de seu comprimento.

As amostras foram pesadas (200 g) em balança de precisão (0,1g) e enviadas ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da

Universidade Federal de Santa Maria. Foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 70°C por 72 horas, e posteriormente pesadas em balança de precisão (0,01g). As amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de 30 mesh para posterior determinação dos teores de nutrientes. O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl (digestão sulfúrica), o fósforo e o boro por espectrofotometria (P por digestão nítrico-perclórica e B por digestão seca), o potássio por fotometria de chama, o enxofre por turbidimetria e o cálcio, o magnésio, o cobre, o ferro, o manganês e o zinco por espectrometria de absorção atômica (todos por digestão nítrico-perclórica), seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A estimativa da biomassa por hectare foi realizada com base na biomassa seca de cada componente por classe de diâmetro e no número de árvores por hectare na respectiva classe. A estimativa do estoque de nutrientes foi obtida pelo produto do teor médio de nutrientes pela biomassa seca. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2001), considerando-se um delineamento inteiramente casualizado, onde cada árvore analisada correspondeu a uma repetição para cada componente da biomassa. Para os contrastes de médias, utilizou-se o teste de Tukey a 5% (ZIMMERMANN, 2004).

3. RESULTADOS

A biomassa total oriunda do primeiro desbaste foi de 35,7 Mg ha⁻¹ (Tabela 2). De maneira geral, a distribuição da biomassa dos componentes em ordem decrescente foi: madeira comercial > galhos vivos > casca comercial > acículas > madeira do ponteiro > galhos mortos > casca do ponteiro. Durante o primeiro desbaste, considerando que seja retirado do povoamento somente a madeira comercial, juntamente com a casca, isso corresponderia a cerca de 71,7% da biomassa acima do solo, e caso fosse deixada a

Tabela 1 – Características dendrométricas do povoamento em estudo.

Table 1 – Dendrometric characteristics from the studied stand.

Medidas dendrométricas	Classes diamétricas (cm)				Total
	9,5 — 13,5	13,5 — 17,5	17,5 — 21,5	21,5 — 25,5	
Densidade (árvore ha ⁻¹)	62 (10,5)*	148 (25,0)	265 (44,8)	117 (19,8)	592
Altura média (m)	10,6	11,4	12,0	12,7	—
Área basal (m ² ha ⁻¹)	0,8 (4,9)	2,8 (17,1)	7,7 (46,9)	5,1 (31,1)	16,4
Volume c/ casca	2,6 (2,7)	13,5 (13,8)	41,4 (42,4)	40,0 (41,0)	97,5
Volume s/ casca	1,8 (2,6)	9,8 (13,6)	30,3 (42,0)	30,2 (41,8)	72,1

* Valores entre parênteses referem-se à contribuição percentual de cada variável dendrométrica em relação ao total.

casca sobre o solo no interior do povoamento, a exportação reduzir-se-ia a 60,5% da biomassa, sendo o restante resíduos.

Em relação aos nutrientes, os diferentes componentes da árvore apresentaram composições químicas estatisticamente distintas ($p < 0,05$). As acículas apresentaram os maiores teores de nutrientes (Tabela 3), seguidas pela casca do ponteiro. Nas acículas, o teor de N foi superior ao dos demais componentes. O menor teor de N foi encontrado na madeira comercial, que não diferiu da madeira do ponteiro. Os teores de P, K, Mg, S e micronutrientes apresentaram comportamento semelhante ao do N, possuindo maiores teores nas acículas e na casca do ponteiro, e os menores na madeira (comercial e ponteiro) e no galho morto. Os maiores teores de Ca foram encontrados nas

acículas, não diferindo de galhos vivos e mortos, e os menores na madeira comercial e do ponteiro (Tabela 3).

O estoque de nutrientes e a porcentagem em cada componente das árvores do primeiro desbaste estão apresentados na **Tabela 4**. A quantidade de nitrogênio acumulada na biomassa, resultante do primeiro desbaste, foi maior dentre todos os nutrientes, sendo o maior acúmulo encontrado nas acículas, apesar de ter menos biomassa que a madeira comercial, galhos vivos e casca comercial.

A madeira comercial e as acículas possuem as maiores quantidades de P e K, ultrapassando 65% do total presente na biomassa. Os maiores estoques de Ca, Mg e S estavam na madeira comercial (esse

Tabela 2 – Biomassa (kg ha^{-1}) dos diferentes componentes das árvores desbastadas nas diferentes classes diamétricas de um povoamento de *Pinus taeda*, implantado no município de Cambará do Sul, RS.

Table 2 – Biomass in different components of the thinning trees (kg ha^{-1}) of different diametric classes of *Pinus taeda* stand in Cambará do Sul, RS.

Comp.	Classes diamétricas (cm)				Total
	9,5 — 13,5	13,5 — 17,5	17,5 — 21,5	21,5 — 25,5	
M ¹	525,3 (50,4) ²	3500,3 (57,6)	10747,5 (61,6)	6841,8 (61,4)	21614,9 (60,5)
Mp	137,8 (13,2)	322,1 (5,3)	344,8 (2,0)	140,6 (1,3)	945,3 (2,6)
C	129,3 (12,4)	690,3 (11,4)	2034,6 (11,7)	1152,8 (10,4)	4007,0 (11,2)
Cp	29,5 (2,8)	71,5 (1,2)	75,2 (0,4)	37,2 (0,3)	213,4 (0,7)
GV	97,4 (9,4)	801,1 (13,2)	2037,5 (11,6)	1692,5 (15,2)	4628,5 (13,0)
GM	42,1 (4,1)	138,7 (2,3)	366,2 (2,1)	138,0 (1,2)	685,0 (1,9)
A	80,2 (7,7)	551,1 (9,0)	1848,7 (10,6)	1132,1 (10,2)	3612,1 (10,1)
Total	1041,6 (100,0)	6075,1 (100,0)	17454,5 (100,0)	11135,0 (100,0)	35706,2 (100,0)

¹ M = madeira comercial; Mp = madeira ponteiro; C = casca comercial; Cp = casca ponteiro; GV = galho vivo; GM = galho morto; A = acícula. ² Valores entre parênteses referem-se à contribuição percentual de cada componente em relação à classe considerada.

Tabela 3 – Teores de nutrientes nos diferentes componentes das árvores do primeiro desbaste em um povoamento de *Pinus taeda* no município de Cambará do Sul-RS.

Table 3 – Nutrient concentration in different components of the thinning trees, in the *Pinus taeda* stand, in Cambará do Sul,RS.

Comp.	Macronutrientes (g kg^{-1})					Micronutrientes (mg kg^{-1})					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
M ¹	1,52 ^{cd}	0,17 ^d	0,48 ^{cd}	0,87 ^c	0,23 ^c	0,33 ^{bc}	7,22 ^c	2,33 ^c	24,10 ^d	108,44 ^{cd}	8,30 ^c
Mp	1,96 ^{de}	0,23 ^d	0,82 ^{bcd}	0,79 ^c	0,30 ^{de}	0,53 ^{bc}	7,62 ^{de}	3,16 ^{bc}	25,80 ^d	103,06 ^d	12,71 ^{bc}
C	3,2 ^c	0,35 ^c	1,02 ^{bc}	1,59 ^{bc}	0,42 ^{cd}	0,57 ^b	15,36 ^{bc}	4,15 ^b	142,77 ^{ab}	106,41 ^d	13,49 ^b
Cp	6,06 ^b	0,78 ^b	2,82 ^a	2,09 ^b	0,97 ^a	1,00 ^a	21,97 ^a	5,36 ^a	189,14 ^a	123,07 ^{bcd}	28,23 ^a
GV	3,14 ^c	0,42 ^c	1,11 ^b	3,73 ^a	0,71 ^b	0,27 ^c	11,12 ^{cd}	3,82 ^b	102,11 ^c	210,47 ^{bc}	16,05 ^b
GM	2,23 ^d	0,22 ^d	0,38 ^d	4,06 ^a	0,46 ^c	0,28 ^c	12,13 ^c	2,81 ^c	123,93 ^{bc}	222,83 ^b	15,21 ^b
A	13,70 ^a	1,09 ^a	3,31 ^a	4,7 ^a	1,05 ^a	1,40 ^a	19,92 ^{ab}	4,08 ^b	140,73 ^{bc}	704,59 ^a	23,50 ^a

¹ M = madeira comercial; Mp = madeira ponteiro; C = casca comercial; Cp = casca ponteiro; GV = galho vivo; GM = galho morto; A = acícula; ² Valores com sobrescrito diferente na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de erro.

Tabela 4 – Quantidade de nutrientes nos diferentes componentes das árvores do primeiro desbaste num povoamento de *Pinus taeda* no município de Cambará do Sul, RS.**Table 4** – Nutrient amounts in different component of the thinning trees, in the *Pinus taeda* stand in Cambará do Sul, RS.

Comp.	Macronutrientes (kg ha ⁻¹)						Micronutrientes (g ha ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
M ¹	32,7 (28,3) ²	4,0 (33,6)	10,8 (32,6)	19,2 (31,5)	5,0 (34,4)	7,9 (46,1)	173,8 (45,6)	49,5 (46,7)	460,8 (21,5)	2368,3 (37,2)	186,4 (43,6)
Mp	1,8 (1,6)	0,2 (1,7)	0,7 (2,2)	0,7 (1,2)	0,3 (2,0)	0,5 (2,7)	7,4 (1,9)	3,0 (2,8)	24,0 (1,1)	95,7 (1,5)	11,6 (2,7)
C	13,5 (11,7)	1,4 (11,8)	4,4 (13,3)	5,9 (9,6)	1,7 (11,7)	2,1 (12,1)	60,4 (15,9)	16,7 (15,8)	565,5 (26,4)	272,7 (4,3)	53,5 (12,5)
Cp	1,3 (1,1)	0,2 (1,4)	0,6 (1,8)	0,4 (0,6)	0,2 (1,3)	0,2 (1,3)	4,5 (1,2)	1,2 (1,1)	43,7 (2,0)	24,5 (0,4)	5,8 (1,4)
GV	14,9 (12,9)	2,1 (17,4)	5,4 (16,3)	16,2 (26,5)	3,4 (23,3)	1,2 (7,0)	53,1 (14,0)	18,7 (17,7)	473,3 (22,1)	965,0 (15,2)	78,4 (18,4)
GM	1,6 (1,4)	0,2 (1,3)	0,2 (0,7)	2,8 (4,6)	0,3 (2,2)	0,1 (0,8)	9,0 (2,3)	2,1 (1,9)	87,9 (4,1)	162,3 (2,5)	11,3 (2,6)
A	49,9 (43,1)	3,9 (32,8)	10,9 (33,0)	15,9 (26,0)	3,6 (25,0)	5,1 (29,9)	72,5 (19,0)	14,8 (13,9)	485,3 (22,7)	2474,7 (38,9)	79,9 (18,7)
Total	115,8 (100,0)	11,9 (100,0)	33,1 (100,0)	61,1 (100,0)	14,4 (100,0)	17,2 (100,0)	380,7 (100,0)	105,9 (100,0)	2140,5 (100,0)	6363,1 (100,0)	427,0 (100,0)

¹ M = madeira comercial; Mp = madeira ponteiro; C = casca comercial; Cp = casca ponteiro; GV = galho vivo; GM = galho morto; A = acícula; ² Valores entre parênteses referem-se à contribuição percentual de cada componente em relação ao total de cada nutriente analisado.

componente possui mais de 46% do S presente na biomassa total). As acículas, em razão dos teores elevados de nutrientes, e a madeira comercial e os galhos vivos, por causa da maior biomassa acumulada, constituem os principais componentes de armazenamento de nutrientes na biomassa, provenientes do primeiro desbaste. A relevância do armazenamento dos macronutrientes nos componentes da biomassa segue a ordem madeira comercial > acículas > galhos vivos > casca comercial > madeira do ponteiro > galhos mortos > casca do ponteiro. Quanto à magnitude de armazenamento dos elementos, a ordem dos macronutrientes foi N > Ca > K > S > Mg > P; e dos micronutrientes Mn > Fe > Zn > B > Cu.

O sistema de exploração mais utilizado pelas empresas é a retirada da madeira comercial juntamente com a sua casca, sendo esta, na indústria, utilizada como material energético nas caldeiras (KRONKA et al., 2005). Na Figura 1, verifica-se a influência de diferentes tipos de exploração da biomassa florestal nas porcentagens de nutrientes exportados do sítio, durante o primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda*.

Considerando o sistema de exploração madeira + casca até um diâmetro de 8 cm (KRONKA et al., 2005), a remoção de nutrientes chegaria a 58,2% de S; 46,2%

de Mg; 45,9% de K; 45,4% de P e 40,0% de N dos macronutrientes presentes na biomassa total e 62,5% de Cu; 61,5% de B; 56,1% de Zn; 47,9% de Fe e 41,5% de Mn dos micronutrientes. Dessa forma, os nutrientes que mais sofreriam remoção seria o Cu, B, S e Zn, pois mais de 50% de sua quantidade acumulada na biomassa seria retirada do sítio florestal. Os demais nutrientes apresentaram remoções abaixo de 50%, seguindo a seguinte magnitude: Fe > Mg > K > P > Zn > N. Entretanto, removendo apenas a madeira comercial e deixando a casca no sítio florestal, a porcentagem de remoção de todos os nutrientes seria inferior a 47%, chegando a 21,5% no caso do Fe.

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, verificou-se que a remoção da biomassa através da colheita da madeira com casca apresenta valor percentual na faixa encontrada por outros autores com *Pinus taeda* L.. Schumacher et al. (2002) estudaram quatro povoamentos de *Pinus taeda* com diferentes idades (5, 10, 15 e 20 anos) e com diferentes densidades de árvores por hectare (1.600; 950; 600 e 300, respectivamente às idades citadas), encontrando a porcentagem de madeira com casca de 63,6%; 74,0%; 76,8% e 81,1%, respectivamente, em relação ao total. Copetti (2001) analisando a produção de biomassa acima do solo em um povoamento de *Pinus taeda* L. com 18 anos de idade, obteve 76% de madeira

com casca. Valeri et al. (1989a), ao estudar a exportação de biomassa de povoamentos de *Pinus taeda* desbastados em diferentes idades, constataram, no primeiro desbaste, aos sete anos de idade, uma remoção de 61,1% da biomassa com a exploração da madeira com casca e, no segundo e no terceiro desbaste, uma remoção de 78,3% e 80,3%, respectivamente. Já para *Pinus oocarpa* com oito anos de idade, Castro et al. (1980) verificaram uma participação relativa do componente madeira com casca de 84,4% de toda a biomassa acima do solo.

A fração acículas apresentou os maiores teores de nutrientes, evidenciando a tendência de concentração da maioria dos nutrientes nas estruturas mais novas da planta. Essa tendência é relatada por Golley et al. (1978) e por Haag (1985) em diferentes ecossistemas florestais naturais, por La Torraca et al. (1984) em um povoamento de *Pinus elliotii* var. *elliotti* num Latossolo Vermelho escuro, por Bellote et al. (1980) em *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, e por Pereira et al. (2000) em *Acacia mearnsii* De Wild. Todos esses autores relacionam essa tendência ao fato de que nas folhas há maior atividade metabólica, necessitando de maior disponibilidade de nutrientes.

A maioria dos nutrientes possui mobilidade dentro da planta e, com isso, tendem a se concentrar nos órgãos mais novos (FERRI, 1985), como o nitrogênio, que possui

teores bem superiores nas acículas do que nos demais componentes da biomassa, o que pode ser explicado pelo fato de este elemento participar da maioria das reações de metabolismo de compostos (aminoácidos, proteínas, amins, amidas, vitaminas, etc.), as quais têm seu sítio de ocorrência principal nas folhas por causa da fotossíntese (MALAVOLTA, 1985; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Já o Ca, nutriente tido como imóvel, elemento estrutural que faz parte da parede celular, apresenta a tendência de elevação dos teores com a senescência dos tecidos (FERRI, 1985), justificando seu alto teor nos galhos mortos.

A magnitude de armazenamento dos nutrientes na biomassa total encontrada neste estudo é similar à observada por Valeri et al. (1989b) na mesma espécie. Em outras espécies, como *Pinus oocarpa* com oito anos de idade, e *Acacia mearnsii*, Castro et al. (1980) e Pereira et al. (2000), respectivamente, encontraram a magnitude de armazenamento de $N > K > Ca > Mg > P$, e, em *Eucalyptus grandis*, Bellote et al. (1980) obtiveram $Ca > N > K > S > Mg > P$.

Diversos estudos demonstram que a exploração da madeira com casca aumenta demasiadamente a remoção de nutrientes do sítio florestal, sendo necessário nas rotações futuras acrescentar grande quantidade de fertilizantes para manter a produtividade. Valeri et al. (1989b), estudando a remoção de nutrientes em um

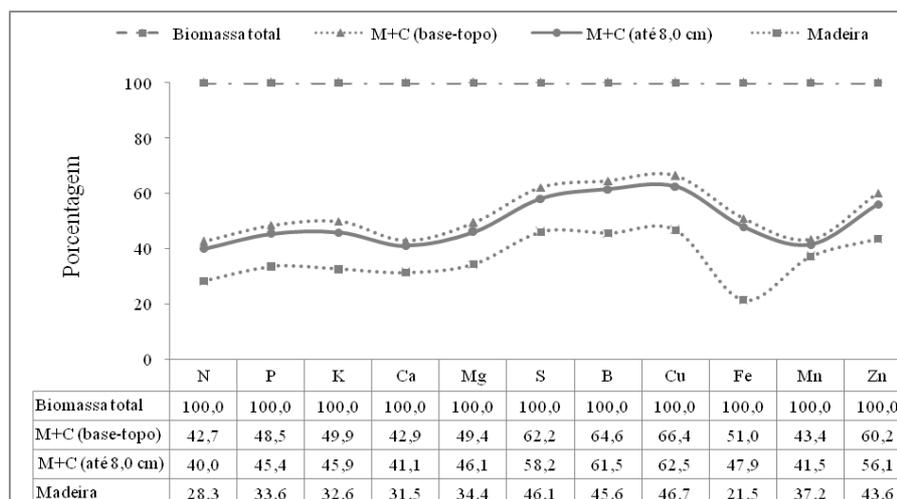


Figura 1 – Percentagens de remoção de nutrientes através de diferentes sistemas de exploração florestal de *pinus* durante o primeiro desbaste (M = madeira e C = casca).

Figure 1 – Nutrient transfer percentage through different systems of forestry exploration of *pinus*, in the first thinning. (M = wood and C = bark).

povoamento de *Pinus taeda*, referente ao primeiro desbaste aos sete anos de idade, constataram uma remoção de 49% do B, 48% do Cu, 46% do Fe, 43% do Ca, 42% do Zn, 34% do Mg, 32% do K e P e 24% do N num sistema de exploração da madeira com casca. Essa menor porcentagem de exportação de nutrientes, em relação à deste estudo, deve-se à maior juvenildade do povoamento, o qual possui maiores teores de nutrientes e de biomassa de copa em relação ao tronco. Isso é salientado por Haag (1985), Burkes et al. (2003) e Caldeira et al. (2003), pois, durante a fase inicial de desenvolvimento de uma árvore, boa parte dos carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa, mas, com o passar do tempo, quando as copas iniciam a competição entre si por espaço, a produção relativa do tronco aumenta e as de folhas e ramos diminui gradativamente.

Dessa forma, deve-se evitar a remoção dos resíduos (folhas, cascas e galhos) durante a colheita florestal, contribuindo com a sustentabilidade ambiental, através do incremento da disponibilidade de nutrientes após a decomposição deste material, conseqüentemente diminuindo a quantidade de adubação para a reposição nutricional do sítio florestal. Segundo Schumacher et al. (2008), a permanência dos resíduos sobre o solo quando da colheita florestal é uma prática altamente recomendada para qualquer sistema, uma vez que propicia a permanência de parte significativa dos nutrientes extraídos durante o crescimento das árvores.

Verifica-se, então, que a prática mais correta, em relação à nutrição florestal, é apenas a retirada da madeira comercial. Ainda necessita-se de estudos mais completos para avaliar os possíveis danos causados pela retirada dos resíduos, envolvendo processos de ciclagem de nutrientes, bem como o monitoramento das características do solo antes e após a realização do desbaste.

5. CONCLUSÕES

O acúmulo de biomassa de *pinus* ocorre prioritariamente na madeira comercial, seguida pelos galhos vivos, casca comercial, acículas, madeira do ponteiro, galhos mortos e casca do ponteiro.

A remoção da madeira com casca ocasionou demasiada exportação de nutrientes, em alguns casos (Cu, B, S e Zn) superior a 50% do total contido na biomassa.

A casca e os demais resíduos (acículas, galhos e ponteiros) correspondem a pelo menos 50% da quantidade de nutrientes extraídos do solo pelas plantas.

Permanecendo no sítio florestal, podem diminuir a necessidade de reposição via fertilizantes para rotações futuras.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Cambará S. A. por ceder área particular para desenvolver este estudo e pelo apoio logístico-financeiro.

7. REFERÊNCIAS

BARICHELLO, L.R. **Quantificação da biomassa e dos nutrientes em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil.** 2003. 58f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BARROS FILHO, N.F. **Produção e participação de biomassa e de nutrientes e recomendação de fertilizantes para o *Pinus taeda* L. (Nutripinus).** 2003. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BELLOTE, A.F.J. et al. Extração e exportação de nutriente pelo *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden em função da idade: 1 – macronutrientes. **Scientia Forestalis**, n.20, p.27-45, 1980.

BURKES, E.C. et al. Biomass partitioning and growth efficiency of intensively managed *Pinus taeda* and *Pinus elliottii* stands of different planting densities. **Forest Science**, v.49, n.2, p.224-234, 2003.

CALDEIRA, M.V.W. et al. Conteúdo de exportação de micronutrientes em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Batemans Bay (Austrália). **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.9-14, 2003.

CARON NETO, M. *Pinus* conquista espaço na região sul. **Revista da Madeira**, n.58, p.24-28, 2001.

CASTRO, C.F.A. et al. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. **Scientia Forestalis**, n.20, p.61-74, 1980.



- COBB, W. R. et al. Aboveground biomass and nitrogen in four short-rotation woody crop species growing with different water and nutrient availabilities. **Forest Ecology and Management**, n.255, p.4032-4039, 2008.
- COPETTI, L. **Produção e distribuição da biomassa em povoamento de *Pinus taeda* L. aos 18 anos de idade, na região de Cambará do Sul, RS.** 2001. 38f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística.** Versão 2001.0.0 for Windows, 2001.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Planta, 2006. 403p.
- FERREIRA, C.A. et al. Pesquisas sobre nutrição de pínus no Sul do Brasil. **Revista da Madeira**, n.83, agosto de 2004.
- FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal 1.** 2.ed. São Paulo: EPU, 1985. 362p.
- FINGER, C.A.G. **Fundamentos em biometria florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269p.
- FREITAS, R.A. **Estudo da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solo sujeito a arenização, no município de Alegrete-RS.** 2000. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- GOLLEY, F.B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida.** Tradução de Eurípedes Malavolta - São Paulo: EPU/USP, 1978. 256p.
- HAAG, H.P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais.** Campinas: Fundação Cargill, 1985. 144p.
- KRONKA, F.J.N. et al. **A cultura do pinus no Brasil.** São Paulo: SBS, 2005. 160p.
- LA TORRACA, S.M. et al. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliottii* var. *elliottii* em um latossolo vermelho escuro na região de Agudos, SP. **Scientia Forestalis**, n.27, p.41-47, 1984.
- MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1.** São Paulo: EPU, 1985. p.77-116.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73p.
- MORO, L. **Exportação de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. baseada em volume estimado pelo sistema sispinus.** 2005. 114f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D.A. **Inventário florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/ FATEC, 1997. 315p.
- PEREIRA, J.C. et al. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista Árvore**, v.24, n.2, p.193-199, 2000.
- SCHNEIDER, P.R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2004. 493p.
- SCHUMACHER, M. V. et al. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. plantadas no estado do Rio Grande do Sul-Brasil. In: SANQUETA, C.R. et al. **As florestas e o carbono.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002. p.141-152.
- SCHUMACHER, M.V. et al. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Hovenia dulcis* thunb., plantado na Fepagro Florestas, Santa Maria, RS. **Revista Ciência Florestal**, v.18, n. 1, p.27-37, 2008
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Emater-RS/UFRGS, 2002. 107p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 118p. (Boletim Técnico).

VALERI, S.V. et al. Exportação de biomassa de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades. **Revista Floresta**, v.19, n.1/2, p.23-29, 1989a.

VALERI, S.V. et al. Exportação de nutrientes de povoamentos de *Pinus taeda* L. desbastados em diferentes idades. **Revista Floresta**, v.19, n.1/2, p.62-68, 1989b.

ZIRMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402p.