

# Remoção de macronutrientes na colheita de essências florestais plantadas

Mauro Valdir Schumacher e  
Marcos Vinicius Winckler Caldeira

No Brasil a maioria dos solos são de baixa fertilidade, tendo como uma das principais causas as condições de clima tropical, de elevada pluviosidade e temperaturas altas, agentes aceleradores do envelhecimento dos solos. Desde a antiguidade, têm sido relegados à silvicultura os solos menos férteis e, geralmente, de grande suscetibilidade à erosão. Pode ser colocado como razão o menor valor econômico de aquisição desses solos aliado a suposições técnicas de que as essências florestais possuem pequenas exigências nutricionais, bem inferior a das culturas agrícolas.

Na atualidade as pesquisas mostram que as essências florestais em determinados casos são mais exigentes que as culturas agrícolas e que as florestas conseguem se manter devido ao ciclo geoquímico dos nutrientes – que envolve a transferência dos elementos químicos para dentro e para fora do ecossistema florestal. Os nutrientes poderão entrar na floresta através da precipitação pluviométrica, da poeira, da adubação mineral e orgânica e também através da fixação biológica (no caso do nitrogênio) e do intemperismo da rocha matriz. A saída dos nutrientes do ecossistema florestal pode ser através do escoamento superficial da água, da lixiviação profunda e através de queimadas, estas em resíduos de colheita. Todavia, no caso de florestas plantadas, geralmente o maior fluxo de nutrientes para fora do ecossistema ocorre em função da colheita da biomassa arbórea, principalmente quando envolve a exportação das árvores inteiras (1).

## Saída de nutrientes pela exportação da biomassa aérea

A quantidade de nutrientes num ecossistema florestal é representada pelo somatório dos nutrientes contidos nos diferentes componentes das árvores (folhas, ramos, casca e lenho), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. A remoção dos nutrientes de um determinado sítio, em função da colheita florestal, deve-se principalmente à exportação dos nutrientes contidos na biomassa arbórea. Potencialmente outras perdas podem ocorrer em virtude da erosão ou da lixiviação após a retirada das árvores, quando o solo fica desnudo.

A exportação de nutrientes é sempre proporcional à quantidade de biomassa exportada. Todavia cada componente da árvore possui diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos, havendo um gradiente que geralmente apresenta a seguinte seqüência: folhas → casca → ramos → lenho. A concentração de nutrientes varia ainda de espécie para espécie e também em função da idade das árvores. É preciso salientar ainda que ocorrem diferenças consideráveis entre as concentrações de nutrientes nos tecidos das diversas espécies florestais, e que algumas árvores podem ser consideradas menos exigentes do que outras quanto à retenção dos nutrientes em seus componentes. A quantidade de nutrientes acumulados pelas árvores está diretamente ligada às condições de fertilidade dos diferentes sítios.

## Exportação de macronutrientes em povoamentos de *Pinus*

As florestas formadas por coníferas, tanto naturais quanto plantadas, quando comparadas com as florestas de folhosas, apresentam, de maneira geral, demanda menor de nutrientes e principalmente de cálcio, adaptando-se a solos mais ácidos. Entretanto são notadas grandes variações em função do local e das características de cada espécie.

Estudos sobre o efeito da colheita total das árvores (2), usando coníferas de diferentes espécies, na fertilidade do solo, comprova que a colheita tradicional da madeira não empobrece o solo, uma vez que o teor de nutrientes na madeira é muito baixo. No desbaste, a permanência dos resíduos da colheita no talhão tem função de adubo. Em regiões de clima frio o desbaste 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 da

▷

cerne, parte dos nutrientes móveis como N, P e K são transferidos para outras partes da árvore, através do ciclo biológico dos nutrientes, enquanto o Ca acumula-se no caule. Conseqüentemente, as quantidades de N, P, K exportadas por unidade de volume de madeira são maiores na madeira jovem que na antiga.

Os resíduos das operações de desbaste na ciclagem de nutrientes têm grande importância, entre eles, 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 aumento do crescimento das árvores remanescentes é, em parte, devido à manutenção no talhão dos resíduos da operação de desbaste (2).

Em comparação com a colheita que remove apenas a madeira comercial do talhão, a colheita 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 (2). Dependendo das condições do sítio, alguns destes nutrientes poderão ser fatores limitantes para o crescimento das árvores na próxima rotação (2). Em estudo realizado na Índia com *Pinus patula* foi estimado, aos 34 anos de idade do talhão, um acúmulo de biomassa de 381,2t contendo 1.911kg de N, 285kg de P, 478kg de K, 2.101kg de Ca e 875kg de Mg (3).

Após o corte final e retirada da madeira de um povoamento de *Pinus radiata*, com 33 anos de idade, foi estimada a quantidade de 222kg/ha de N na manta orgânica e nos resíduos da colheita e de 8.746kg/ha de N no solo mineral de 0 a 90cm de profundidade (4). O fogo disseminado na manta orgânica e nos resíduos da colheita removeu 139kg/ha de N e a operação de enleiramento removeu 212kg/ha de N da área a ser plantada em seguida. De acordo com estudos realizados (4), quando se usou apenas a retirada da madeira comercial do terreno (apenas os resíduos lenhosos

são removidos dos talhões), proporcionou-se acesso suficiente para o plantio e o solo superficial e a manta orgânica, que são ricos em nutrientes, ficarão intactos.

Estudando a distribuição de nutrientes dos componentes da parte aérea de um povoamento de *Pinus kesiya* com 16 anos de idade, na região de Itirapina, SP, diversos autores (5) verificaram que em termos quantitativos, o macronutriente mais abundante foi o N, vindo a seguir Ca, K, S, Mg e P.

### Exportação de macronutrientes em povoamentos de *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus*, ao contrário do gênero *Pinus* é mais exigente no que diz respeito ao aspecto nutricional. As florestas de eucaliptos, devido ao seu alto incremento, acumulam elevadas quantidades de nutrientes na sua biomassa arbórea. Por essa razão durante a colheita florestal deve-se retirar somente o tronco e de preferência sem casca, deixando esta e os demais componentes (ramos, folhas, etc.) sobre o solo do talhão. A permanência de toda esta serapilheira ajuda a repor parte dos nutrientes retirados do solo, visando manter a produtividade do sítio.

Vários autores (6) estudaram a biomassa e a distribuição de nutrientes em uma floresta natural de *Eucalyptus marginata*, no sudoeste da Austrália, e foi observada que a concentração de nutrientes nas folhas e na casca varia de acordo com a localização das árvores. Cálculos efetuados através das árvores abatidas evidenciaram que a fitomassa total continha por hectare: 321kg de N, 13kg de P, 309kg de K, 402kg de Ca, 199kg de Mg e 52kg de S. Ficou evidenciado também que o solo, sob a floresta, continha por hectare uma elevada quantidade de elementos químicos totais. Todavia, os nutrientes na forma disponível, até 1m de profundidade, achavam-se em quantidades bastante limitadas, ou seja: 15kg

de P, 63kg de K, 147kg de Ca, 225kg de Mg e 29kg de S. Estes autores salientam ainda o perigo de um desequilíbrio nutricional em função da exportação intensiva da biomassa.

No Rio Grande do Sul (7), foram apresentados os resultados de diversas pesquisas com as estimativas de biomassa e conteúdo de nutrientes num povoamento florestal de *Eucalyptus saligna* aos quatro e oito anos de idade. Estes autores salientam que aos quatro anos a biomassa arbórea acima do solo era de 38,4t contendo as seguintes quantidades de elementos: 171kg de N, 24,9kg de P, 173,8kg de K, 202kg de Ca e 43kg de Mg. Aos oito anos a biomassa arbórea do mesmo talhão era de 124,6t/ha contendo 211kg de N, 33kg de P, 262kg de K, 334kg de Ca e 75kg de Mg. Outros autores (1) estudaram a fitomassa acima do solo num estande formado por árvores de *Eucalyptus saligna* com oito anos plantados em Areias Quartzosas, no interior do Estado de São Paulo e chegaram a uma estimativa de 106,2t/ha contendo os seguintes nutrientes: 218kg de N, 28,5kg de P, 176,3kg de K, 186,2kg de Ca e 41,9kg de Mg. Estes autores chamam a atenção para o baixo conteúdo de nutrientes disponíveis no solo até 1m de profundidade e salientam a necessidade de uma adubação mais racional e de um correto manejo do solo para que a produtividade do sítio seja mantida nas rotações futuras.

Através de trabalho de pesquisa realizado na Austrália, em florestas naturais de *Eucalyptus obliqua*, estimou-se que um determinado povoamento aos 50,7 anos de idade apresentava 298t de biomassa por hectare, assim distribuídas: 6,9t de folhas, 19,3t de ramos, 44t de casca e 227,8t de lenho. Os nutrientes estavam contidos na biomassa acima do solo nas seguintes quantidades por hectare: fósforo 26,7kg, potássio 231,6kg, cálcio 309,6kg e magnésio 187,3kg (8).

Na Austrália, diversos autores estimaram a fitomassa nos diversos componentes de uma floresta plantada de *Eucalyptus grandis* com 27 anos,

## Essências florestais

totalizando 394t/ha e contendo 435kg de N, 25kg de P, 315kg de K, 973kg de Ca e 162kg de Mg (9). Estes autores salientam que o cálcio foi o elemento mais extraído pelas árvores devido ao grande acúmulo na casca e sugerem que a colheita das árvores deveria ser evitada antes dos quinze anos de idade, devido ao elevado teor de nutrientes ainda contidos no lenho.

Efetivamente, o teor de nutrientes nos tecidos do tronco vai diminuindo a medida em que as árvores envelhecem. Neste aspecto, também a exportação de nutrientes por unidade de biomassa retirada da floresta é proporcionalmente menor nos talhões mais antigos, em relação aos mais jovens. Alguns procedimentos poderiam ser utilizados para minimizar a saída de nutrientes de uma floresta através da biomassa e dentre eles poderíamos citar a não utilização de folhas e se possível até da casca.

Em estudo sobre a avaliação da produção de biomassa e remoção de nutrientes em *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* (10), foram verificadas que as maiores concentrações de macronutrientes ocorrem nas folhas, exceto para cálcio, cuja maior concentração está na casca. Os nutrientes que apresentam maior concentração na árvore para todos os componentes em ordem decrescente são  $N > K > Ca > Mg > P$ .

Diversos autores (10) afirmam que em relação à exportação de nutrientes pela planta, o nitrogênio é o nutriente mais exportado pela colheita do caule, sendo que o menos extraído é o fósforo. Para todos os macronutrientes verifica-se que há grande acumulação nas folhas, galhos e casca, por isso durante a colheita deve-se procurar não realizar a colheita total da árvore e sim deve-se deixar os componentes acima citados no solo. Nas Tabelas 1 e 2 é possível verificar a disponibilidade dos macronutrientes nos diversos componentes da árvore.

Diversos autores (1) verificaram que, em geral, as concentrações de nutrientes são semelhantes às apresentadas em outros estudos (11) para plantações de *Eucalyptus grandis*, em solos de cerrado. Estes autores en-

contraram: galhos e folhas constituem 15,6% da biomassa total, com 4,66% dos nutrientes (338kg/ha); os troncos contêm 388,9kg/ha; o nitrogênio é o nutriente altamente acumulado na copa e o potássio, no tronco. Comparando o conteúdo dos nutrientes na biomassa acima do solo do

povoamento de *Eucalyptus grandis*, como é mostrado na Tabela 3, com os nutrientes do solo (Tabela 4) a uma profundidade de 0 a 120cm é possível observar que este solo não suporta por longo tempo uma plantação florestal intensivamente explorada.

Por meio deste trabalho (1), verifi-

Tabela 1 – Quantidades médias de N, P, K, Ca e Mg, em kg/ha, acumuladas pelos diversos componentes de árvores de <i>Eucalyptus saligna</i> , cultivados na região de Curvelo, MG, no espaçamento de 3 x 2m, aos nove anos de idade					
Componente da árvore	N	P	K	Ca	Mg
	-----kg/ha-----				
Tronco	87,82	22,89	60,77	40,51	43,55
Casca	59,97	12,93	29,39	142,63	31,98
Galho	49,96	5,27	23,04	86,41	28,80
Folha	183,74	15,26	27,94	90,99	46,79
<b>Total</b>	<b>381,74</b>	<b>56,35</b>	<b>141,14</b>	<b>360,54</b>	<b>151,12</b>

Tabela 2 – Quantidades médias de N, P, K, Ca e Mg, em kg/ha, acumuladas pelos diversos componentes de árvores de <i>Eucalyptus citriodora</i> , cultivados na região de Curvelo, MG, no espaçamento de 3 x 2m, aos nove anos de idade					
Componente da árvore	N	P	K	Ca	Mg
	-----kg/ha-----				
Tronco	87,82	22,89	60,77	40,51	43,55
Casca	59,97	12,93	29,39	142,63	31,98
Galho	49,96	5,27	23,04	86,41	28,80
Folha	183,74	15,26	27,94	90,99	46,79
<b>Total</b>	<b>381,74</b>	<b>56,35</b>	<b>141,14</b>	<b>360,54</b>	<b>151,12</b>

Tabela 3 – Média do conteúdo de nutrientes (g) por árvore de <i>Eucalyptus grandis</i> aos dois anos e meio de idade					
Componente da árvore	N	P	K	Ca	Mg
	-----g-----				
Tronco	26,4	1,6	9,3	8,4	2,8
Casca	5,0	0,4	4,0	2,8	0,4
Galho	31,4	2,0	13,3	11,2	3,2
Folha	20,3	3,2	31,2	12,2	2,8

Tabela 4 – Quantidade de nutrientes do solo na profundidade 0 a 120cm				
	P	K	Ca	Mg
Nutrientes do solo	-----kg/ha-----			
	33	99	312	220

cou-se que 9% da biomassa está contida nas folhas, 7% nos galhos e 83% nos troncos. Todavia 37% dos nutrientes estão contidos nas folhas, 10% nos galhos e 53% nos troncos. Diversos autores (1) recomendam que seria oportuno evitar a remoção de folhas, galhos e casca do sítio.

A quantia de nutrientes em um ecossistema é a soma do conteúdo dos nutrientes da árvore, sub-bosque, piso florestal e componentes do solo. Os nutrientes são removidos em colheitas primeiramente dos componentes da árvore, com perda potencial de outros componentes devido à erosão, ao fogo ou à colheita de produtos florestais menores. Colheitas de rotações curtas removem grandes e elevadas proporções de nutrientes contidos no alburno e casca. Há diferenças entre espécies, não-somente em concentração de nutrientes de componentes específicos mas também em razão da acumulação de nutrientes. Notavelmente são relativamente baixos os níveis de P em muitas espécies de árvores na Austrália, há elevada acumulação de Ca em alguns componentes e diferença entre cerne e alburno. As quantias de nutrientes removidos durante o corte de árvores podem ser afetadas para o povoamento, em particular no que concerne à frequência de derrubada e os componentes removidos (12)

### Considerações finais

• Pode-se afirmar que uma das questões cruciais na atividade florestal é aquela relativa à manutenção da produção do sítio e, se possível, à da elevação da produtividade. O manejo das florestas em regime sustentado depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes do sistema para o crescimento contínuo das árvores até a colheita, bem como de uma reserva de nutrientes suficientes para a próxima rotação.

• Através da exportação de galhos, folhas e casca amplia-se consideravelmente a saída dos nutrientes do ecossistema. Especialmente em solos de baixa fertilidade, onde vêm sendo implantadas as florestas no Brasil, a

utilização dos chamados “resíduos florestais” acelera o empobrecimento do sítio em matéria orgânica e nutrientes.

• Dependendo das características do solo e das espécies arbóreas utilizadas, são necessários estudos específicos e práticas silviculturais adequadas para que possam ser prevenidos possíveis desequilíbrios que, a médio e a longo prazos, poderiam comprometer a produtividade florestal.

• As rotações (cortes da floresta) deveriam variar de acordo com a magnitude de remoção dos nutrientes, através da exportação da biomassa arbórea e de acordo com as taxas de reposição natural ou artificial dos nutrientes no ecossistema florestal.

### Literatura citada

1. POGGIANI, F.; REZENDE, G.C.; FILHO, N.S. Efeito do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após o corte raso e alterações nas propriedades do solo. IPEF, Piracicaba, v.24, p.33-42, 1983.
2. MÄLKÖNEN, E. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. *Silva Fennica*, v.10, n.3, p.157-64, 1976.
3. SING, B. Nutrient content of standing crop and biological cycling in *Pinus patula* ecosystem. *Forest ecology and Management*, Amsterdam, v.4, p.317-32, 1982.
4. HALL, M. Establishment of radiata pine on a high altitude second rotation site. 1 – Effect of site preparation on nutrient capital. *Australian Forestry*, Camberra, v.47, n.3, p.194-198, 1984.
5. TIMONI, J.L.; PAGANO, S.N. Caracterização e quantificação de elementos minerais de um povoamento de *Pinus kesiya* Roley Ex. Gordon no município de Itirapina (SP). *Silvicultura*, v.11, n.41, p.69, 1986.
6. HINGSTON, F.J.; DIMMOCK, G.M.; TURTON, A.G. Nutrient distribution in a jarrah ecosystem in south – western Australia. *Forest ecology and Management*, Amsterdam, v.3, n.3, p.183-207, 1981.
7. ANDRAE, F.; KRAPPENBAUER, A. In-

ventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos em Passo Fundo, RS. Parte II: Inventário de nutrientes. In: UFSM. *Pesquisas Astro-Brasileiras 1973-1982* sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna*. Santa Maria, 1983. P.30-55.

8. ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* forest: 3 – growth biomass and net primary production. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, v.27, p.439-458, 1979.
9. TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Nutrient cycling within a 27-year-old *Eucalyptus grandis* plantations in new south wales. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.6, n.2, p.155-168, 1983.
10. PEREIRA, A.R.; ANDRADE, D.C.; LEAL, P.G. L.; TEIXEIRA, N.C. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus saligna* cultivados na região de cerrado de Minas Gerais. *Revista Floresta*, Curitiba, v.15, n.1/2, p.8-15, 1984.
11. BELLOTE, A.F.J. *Concentração, acumulação e exportação de nutrientes pelo Eucalyptus grandis (Hill ex Maiden) em função da idade*. Piracicaba: ESALQ, 1979. 129p. Tese Mestrado.
12. TURNER, J. Nutrient supply in relations to immobilization in biomass and nutrient removal in harvesting. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP; Productivity in Perpetuity, 1981. *Proceedings...* Camberra: CSIRO, 1981. P.263-273.

**Mauro Valdir Schumacher**, eng. florestal, Dr., professor adjunto do Departamento de Ciências Florestais/Centro de Ciências Rurais/Universidade Federal de Santa Maria, Fones (055) 220-8444 e 220-8913, Fax (055) 220-8695, 97105-900 Santa Maria, RS e **Marcos Vinicius Winckler Caldeira**, eng. florestal, pós-graduado em Engenharia Florestal (área de concentração – silvicultura), Curso de pós-graduação em Engenharia Florestal/Departamento de Ciências Florestais/Centro de Ciências Rurais/Universidade Federal de Santa Maria, Fones (055) 220-8444 e 220-8336, Fax (055) 220-8695, 97105-900 Santa Maria, RS.

□