

EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES NA EXPLORAÇÃO DE BRACATINGAIS

Amilton João Baggio*
Antonio Aparecido Carpanezi**

RESUMO

As práticas do sistema agroflorestal tradicional da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.), no sul do Brasil, não envolvem adubações de reposição, o que leva, gradativamente, à redução na qualidade dos sítios. Este estudo visou estimar a exportação de nutrientes pela exploração de bracatingais da Região Metropolitana de Curitiba, para produção de lenha. Foram selecionados cinco talhões em idade de corte (sete anos), amostrando-se quarenta árvores em cada um, distribuídas por oito classes diamétricas. Os resultados apresentados baseiam-se em dados médios de biomassa e mineralomassa (macro e micronutrientes) e referem-se a três frações da parte aérea das árvores: lenha (acima de 3,0 cm de diâmetro), galhos (entre 0,5 e 3,0 cm) e biomassa verde (folhas e ramos finos) e total. As quantidades de macronutrientes na biomassa aérea total foram (kg/ha): N=484; P =13; K =269; Ca = 129; Mg =50; e S =35. A lenha contém 71,3 % do peso total dos nutrientes analisados, contra 28,7% da copa. Estimativas do valor econômico das quantidades exportadas foram calculadas para os macronutrientes. As quantidades somadas dos macronutrientes P, K, Ca e Mg exportadas pela retirada da lenha equivalem a 10,3% da renda bruta obtida pela atividade florestal. A conjuntura econômica atual não permite que os custos de uma eventual reposição de nutrientes, via adubação, sejam incluídos no preço ao consumidor.

PALAVRAS-CHAVE: *Mimosa scabrella*, lenha, copa, galhos, biomassa, valor financeiro.

NUTRIENT EXPORTATION BY HARVESTING OF BRACATINGA STANDS

ABSTRACT

Because practices of the traditional agroforestry system with bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) in southern Brazil do not include fertilization, repeated harvestings are leading to depletion of soil nutrients. The purpose of this work was to estimate the amount of nutrient exportation in bracatinga stands in the Curitiba Metropolitan Region, in the state of Paraná. Five stands at harvesting age (seven years) were selected. Forty trees distributed in eight diameter classes were sampled from each stand. Results are based on mean data of biomass and nutrients, and refer to three fractions of the above ground biomass of the trees: firewood (larger than 3.0 cm in diameter), branches (smaller than 3.0 cm), green biomass (leaves and twigs), and total. Macronutrient contents in the total above ground biomass were (kg/ha):

* Eng. Florestal, Doutor, CREA-PR n° 4194/D, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

** Eng. Florestal, Mestre, CREA-PR n° 27218, Pesquisador da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

N=484; P=13; K=269; Ca=129; Mg = 50; S=35. Firewood contained about 71.3% of the total nutrient weight while canopy retained 28.7%. Macronutrient economic values were estimated for exported quantities. Exportation of P, K, Ca and Mg in firewood amounted to 10.3% of the total revenue. However, the present economic situation faced by the producers does not allow costs of eventual chemical nutrient repositions to be transferred to prices paid by final consumers.

KEY WORDS: *Mimosa scabrella*, firewood, crown, branches, biomass, monetary value.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da distribuição dos nutrientes nos compartimentos das árvores é importante para estabelecer estratégias de amostragem com objetivos de estudar sua nutrição, reciclagem e exportação (MADGWICK, 1971). Para manter a produtividade em qualquer sítio, é necessário aplicar a rotação ecológica - o período necessário para que o sítio recupere as condições existentes antes da exploração (KIMMINS, 1977) - ou manter um plano adequado de fertilizações. Este só é possível mediante quantificações de nutrientes do ecossistema, das exportações (ocasionadas por colheitas, fogo, erosão, etc.) e da reposição natural (deposições atmosféricas, intemperização e fixação biológica).

Estimativas seguras sobre o conteúdo de nutrientes na biomassa aérea dependem, em grande parte, da amostragem efetuada para as determinações de laboratório. Existe uma significativa variação entre o teor de nutrientes nas frações vegetais, seguindo, em geral, a ordem: folhas > casca > galhos > lenho. Ademais, o gradiente de concentrações em uma mesma fração sugere que se tomem cuidados para assegurar sua representatividade (POGGIANI et al., 1983; SINGH, 1982; CARDENAS, 1987).

A variação da concentração de nutrientes na copa de uma determinada espécie depende dos seguintes fatores: efeitos de pragas e doenças, idade do material, posição da parte amostrada, estação do ano e qualidade do sítio (ZOTTL & TSCHINKEL, 1971; LAMB, 1976; EVANS, 1979). O mesmo ocorre no tronco; na bibliografia, encontram-se resultados que comprovam a existência de gradientes importantes nos sentidos radial e longitudinal, para diversas espécies (ATTIWILL, 1980; WISE & PITMAN, 1981; TURNER & LAMBERT, 1983). O teor de nutrientes na casca, devido em parte à redistribuição, aumenta no sentido base-ápice (ATTIWILL, 1980). Há, também, diferenças de concentrações em diferentes partes dos galhos: ATTIWILL (1980) determinou para *Eucalyptus obliqua*, que os galhos finos (< 2,5 cm) continham cerca de 65% mais macronutrientes do que os mais grossos.

As concentrações dos elementos nas copas das árvores também seguem uma ordem, para espécies de diferentes regiões ecológicas: N > K > Ca > Mg > S > P > Mn > Fe > Zn > Cu (MAGHEMBE et al., 1983; POGGIANI et al., 1983; CASTRO, 1984; NAIR, 1984; BUDELMAN, 1989; SCHUMACHER, 1992). No entanto, as diferentes exigências nutricionais, a qualidade dos sítios e as estratégias de reciclagem podem determinar algumas inversões nesta seqüência.

A quantidade de nutrientes exportada de um ecossistema pela exploração florestal é determinada pela interação de concentrações, proporções entre os componentes da biomassa e a intensidade da exploração. Segundo RUSSO (1983), a biomassa lenhosa extraída representa, em média, de 75% a 80% do peso total da biomassa aérea, em reflorestamentos de folhosas.

O cultivo da bracinga (*Mimosa scabrella* Bentham) no sistema agroflorestal

tradicional, cujo pólo principal é a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), implica na exportação de nutrientes pela lenha, colheita de grãos das culturas agrícolas associadas e queima de resíduos pós-exploração. Além disso, em muitos casos, o número de rotações em um mesmo terreno é elevado, chegando a oito cortes, ou seja, mais de 50 anos (LAURENT & MENDONÇA, 1990), e a adubação de reposição não é aplicada, causando decréscimos de produtividade. Torna-se importante, pois, conhecer o balanço de nutrientes do ecossistema e as necessidades nutricionais da bracatinga, para orientar a reposição de nutrientes nos diversos sítios.

Este trabalho objetivou: a) estimar a quantidade e a distribuição de nutrientes na biomassa aérea da bracatinga explorada no sistema tradicional; e b) estimar o potencial econômico destes nutrientes, através do seu equivalente em fertilizantes, e as perdas econômicas causadas pela exportação, principalmente através da lenha.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e características gerais

A amostragem foi realizada nos municípios de Colombo e Bocaiúva do Sul, onde ocorre grande número de bracatingais típicos do sistema tradicional de cultivo. Os municípios são contíguos, situando-se entre as coordenadas 25°10' S a 25°20'S e 49°00'W a 49°10'W, na parte norte da RMC (Figura 1).

Segundo MAACK (1981), a RMC localiza-se em clima quente temperado, subtropical, desde fresco até frio no inverno, com altitudes superiores a 850 m. A temperatura média anual é 16,5°C; a do mês mais quente, 20,4°C; a do mês mais frio, 12,7°C. A precipitação média anual é 1450 mm, sem estação seca definida.

A região do estudo, predominantemente, é ondulada a fortemente ondulada. Os talhões encontram-se em Cambissolos álicos, com diferentes graus de profundidade e fertilidade; como regra, são solos pobres, pouco desenvolvidos, ácidos, com teores elevados de alumínio e baixa saturação de bases.

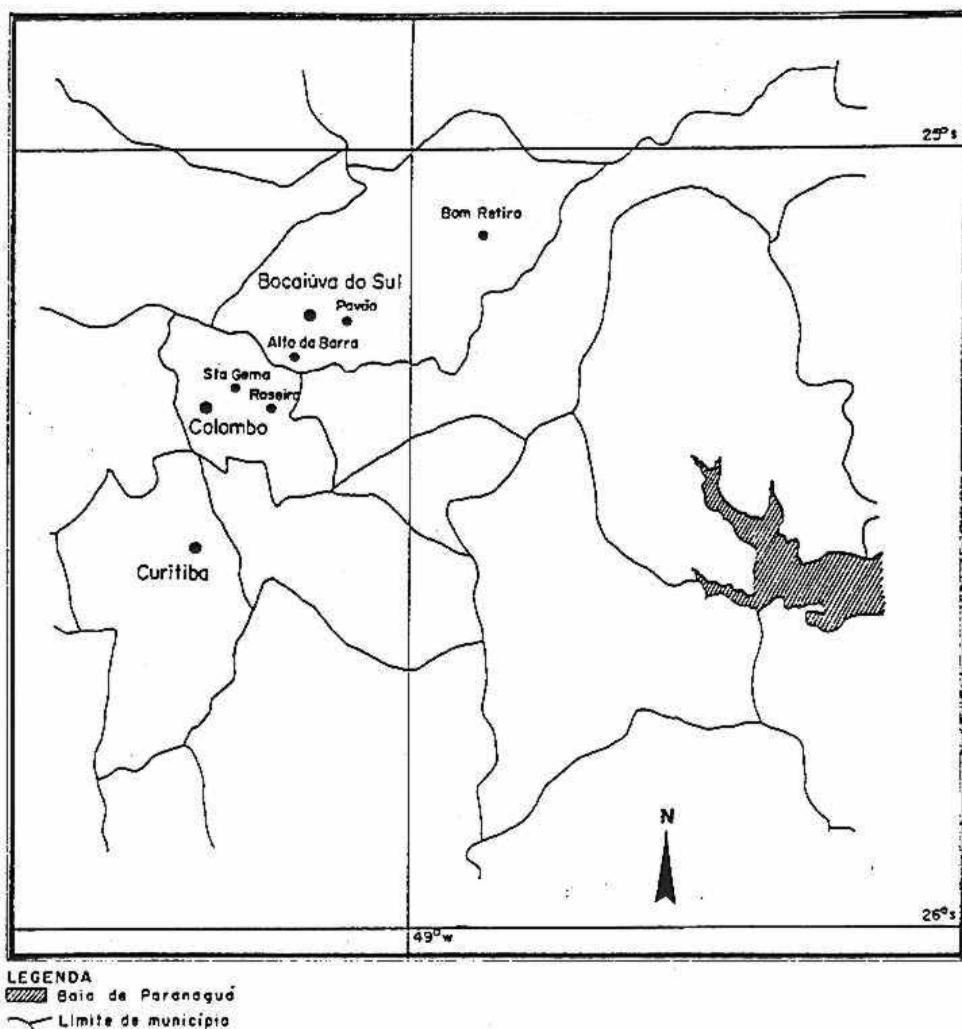


FIGURA 1. Localização dos talhões amostrados na Região Metropolitana de Curitiba. Escala 1:1000000.

2.2. Amostragem para as análises de nutrientes

Para as análises de nutrientes, foram utilizadas 200 árvores (40 em cada um dos cinco sítios), distribuídas por oito classes diamétricas (de 3,0 cm até 20,0 cm de diâmetro à altura do peito - 1,30 m). A metodologia para a seleção dos sítios, bracingais e árvores, assim como os procedimentos para determinação de biomassa e seus resultados, por fração da árvore e por local, foram apresentados anteriormente (BAGGIO et al., 1995).

As árvores amostradas foram divididas nas seguintes frações de biomassa aérea: **lenha**, incluindo material lenhoso com casca, de diâmetros iguais ou maiores que 3,0 cm, na extremidade menor; **galhos**, abrangendo material lenhoso entre 0,5

cm e 3,0 cm de diâmetro; **biomassa verde**, formada por folhas e ramos finos (menos de 0,5 cm de diâmetro). As amostras foram agrupadas por classe diamétrica, para cada sítio, originando 40 conjuntos. Cada um deles foi subamostrado várias vezes, para permitir homogeneização do material. A amostra final de cada conjunto foi triturada em moinho com malha de 45 mesh.

2.3. Análises de laboratório

As análises foram efetuadas em laboratório do Centro Nacional de Pesquisa de Florestas, da EMBRAPA, utilizando-se os seguintes métodos, conforme SARRUGE & HAAG (1974):

N: digestão sulfúrica e determinação do N total pelo método micro-Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn: digestão nitro-perclórica; P determinado por colorimetria; K por fotometria de emissão de chama e, demais elementos por espectrofotometria de absorção atômica.

2.4. Quantificação e valoração econômica

A estimativa da quantidade de nutrientes exportados na exploração dos bracingais foi feita, para cada fração vegetal, pela concentração média do nutriente em cada classe de diâmetro, no conjunto dos sítios.

A quantificação dos componentes da biomassa foi feita em trabalho prévio (BAGGIO & CARPANEZZI, 1996).

A valoração econômica potencial dos macronutrientes foi feita através do seu peso equivalente em fertilizantes comerciais. Os fertilizantes considerados são comuns no comércio local, com preços e controle de qualidade bem definidos (Tabela 1). As concentrações dos nutrientes nas formulações foram fornecidas pelos fabricantes. Os elementos que se repetem nas fórmulas apresentadas foram devidamente subtraídos dos totais.

TABELA 1. Características e preços dos fertilizantes adotados para as estimativas de equivalência dos nutrientes.

Nutriente	Fertilizante	% do nutriente	Preço do * adubo (R\$/kg)	Preço do nutriente (R\$/kg)
N	uréia	45,0	0,37	0,822
P	superfosfato simples	18,0 (P ₂ O ₅)	0,22	1,222
K	cloro de potássio	60,0 (K ₂ O)	0,27	0,450
Ca	calcário dolomítico	29,0 (CaO)	0,04	0,140
Mg	calcário dolomítico	19,0 (MgO)	0,04	0,210
S	sulfato de magnésio	13,0	0,28	2,150

* Preço de mercado do fertilizante em R\$/kg, em 30/10/1996

Há muitas indústrias produtoras de calcário dolomítico na RMC, próximas dos bracingais. Devido ao baixo preço deste produto, recomenda-se seu uso para a reposição dos elementos Ca e Mg, em lugar de outras opções existentes no mercado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Distribuição dos nutrientes na biomassa

A concentração dos elementos em cada fração da biomassa aérea seguiu a ordem: biomassa verde > galhos > lenha (Tabela 2). Este resultado corrobora a informação constante na bibliografia, para distintas espécies lenhosas. Por outro lado, a ordem de concentrações dos nutrientes analisados, para todas as frações, foi: N > K > Ca > Mg > S > P > Mn > Fe > ZN > Cu. Esta seqüência também é comum na biomassa aérea total de leguminosas florestais fixadoras de nitrogênio (MAGHEMBE, et al., 1983; BUDELMAN, 1989; NAIR, 1989), sendo freqüentes as inversões entre K e Ca e entre P e Mg. Para as espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* mais utilizadas em reflorestamentos no Brasil, seqüência semelhante é observada, todavia, ocorrendo predominância, em eucaliptais, de Ca sobre K ou mesmo sobre N (POGGIANI et al., 1983; CASTRO, 1984; LA TORRACA et al., 1984; CARDENAS, 1987; SCHUMACHER, 1992), em razão de características das espécies ou dos sítios.

TABELA 2. Concentração média dos nutrientes em árvores de bracatinga, por fração vegetal (% para os macro e ppm para os micronutrientes, em relação ao peso da matéria seca), em bracatingais tradicionais.

Nutriente	Fração vegetal		
	Lenha	Galhos	Biomassa verde
N	0,523	1,027	2,949
P	0,012	0,017	0,134
K	0,353	0,457	0,788
Ca	0,171	0,248	0,293
Mg	0,059	0,130	0,167
S	0,047	0,055	0,094
Cu	2,1	8,4	10,8
Fe	45,2	53,8	179,8
Mn	58,2	171,2	367,5
Zn	2,8	6,5	25,4

A maior parte dos nutrientes analisados (71,3% do peso total) foi constatada na lenha (Tabela 3). Esta proporção é similar a de eucaliptais brasileiros da mesma faixa etária (POGGIANI et al., 1983; CARDENAS, 1987; SCHUMACHER, 1992) nos quais, com freqüência, são realizados descascamentos em campo, reduzindo as exportações de nutrientes. Como nos bracatingais, não se faz qualquer adubação de reposição, a exportação de minerais pela lenha tende a empobrecer os sítios ao longo das sucessivas rotações. As frações galhos e biomassa verde também contribuem para a exportação de nutrientes, ao serem queimadas como resíduos, assim como a colheita das culturas agrícolas consorciadas no começo de cada rotação. A verificação cabal quanto à capacidade do sítio em sustentar a produtividade de lenha, requer conhecimentos sobre o estoque de nutrientes do solo e sua relação quantitativa com as exportações em cada rotação, bem como a deposição natural via seca ou pelas chuvas.

TABELA 3. Estimativa de pesos médios dos nutrientes (kg/ha) contidos em cada fração da biomassa aérea da bracatinga (média dos cinco sítios amostrados), explorada no sistema tradicional.

Nutriente	Fração da biomassa			Total
	Lenha	Galhos	Biomassa verde	
N	313,7	65,6	104,1	483,4
P	7,2	1,1	4,7	13,0
K	211,7	29,2	27,8	268,7
Ca	102,6	15,8	10,3	128,7
Mg	35,4	8,3	5,9	49,6
S	28,2	3,5	3,3	35,0
Cu	0,13	0,05	0,04	0,22
Fe	2,70	0,34	0,63	3,67
Mn	3,50	1,09	1,30	5,89
Zn	0,17	0,04	0,09	0,30
Total	705,2	125,0	158,2	988,6

3.2. Estimativa da quantidade de fertilizante equivalente aos nutrientes analisados

A Tabela 4 representa a equivalência de cada nutriente contido na biomassa da bracatinga. Para uma valoração coerente com a realidade, é conveniente omitir dos cálculos os elementos nitrogênio e enxofre, presumindo que sejam aportados em quantidade suficiente pela natureza (fixação simbiótica e chuvas, respectivamente). Ademais, o enxofre está incluído no superfosfato simples (Tabela 1). Para os cálculos de Ca e Mg, que estão contidos no calcário dolomítico, foi considerado apenas o maior peso do produto necessário para cobrir um destes elementos, em cada fração da biomassa. A quantidade de cálcio contida no superfosfato simples também foi descontada, evitando sua duplicidade. Assim, os valores estimados (em R\$/ha) para o conjunto dos macronutrientes P, K, Ca, e Mg foram: **lenha** = 125,7; **galhos** = 18,3; **biomassa verde** = 27,9; **biomassa total** = 171,9.

A lenha representou 73,1% do valor econômico potencial dos nutrientes acumulados na exploração dos bracatingais. Considerando o preço médio na região (R\$ 8,00/MCL*, sendo 1,0 MCL = 0,74 estéreos = 0,45 m³) e a média de produção para a região, por rotação (188,4 MCL/ha = 85 m³/ha), o valor da lenha foi estimado em R\$ 1.507,20/ha. Assim, o valor potencial dos nutrientes exportados pela lenha equivale a um custo adicional de 8,3% sobre a renda bruta do sistema.

* MCL = metro comercial de lenha: unidade de volume particular da região, sendo os toretes cortados em comprimento médio de 0,74 m (LAURENT & MENDONÇA, 1989).

TABELA 4. Estimativas da quantidade de fertilizante (kg/ha) equivalentes aos macronutrientes contidos em cada fração da biomassa da bracatinga explorada no sistema tradicional.

Nutriente	Fração da biomassa			Total
	Lenha	Galhos	Biomassa Verde	
N	697,0 (257,9)*	145,8 (53,9)	231,3 (85,6)	1.074,1 (397,4)
P	91,7 (8,8)	13,9 (1,3)	59,8 (5,7)	165,4 (15,8)
K	425,3 (95,3)	58,7 (13,1)	55,8 (12,5)	539,8 (120,9)
Ca	495,3 (14,1)	76,2 (2,2)	49,7 (1,4)	621,2 (17,7)
Mg	315,8 (7,5)	74,2 (1,7)	52,6 (1,2)	442,6 (10,4)
S	216,9 (60,7)	26,9 (7,5)	25,4 (7,1)	269,2 (75,3)

* Os valores situados entre parênteses referem-se a R\$/ha, em 30/10/96.

Os valores potenciais dos nutrientes referentes às frações galhos e biomassa verde (R\$ 39,1/ha) também se perdem, em proporção ainda não determinada, pela prática das queimadas feitas para limpar o terreno e induzir a regeneração natural da bracatinga para a próxima rotação. Nutrientes contidos na serrapilheira também são perdidos, ao menos em parte, por razão das queimadas.

Ressalte-se que a reposição efetiva dos nutrientes, no campo, inclui custos adicionais. Estes decorrem tanto da necessidade de acrescentar os nutrientes imobilizados pelos processos naturais (a fixação de parte do fósforo, por exemplo) como de aspectos operacionais (transporte dos fertilizantes, distribuição no terreno, incorporação ao solo). Os bracatingais do sistema tradicional restringem seriamente a mecanização de atividades, devido ao relevo e à presença de tocos em distribuição aleatória.

Historicamente, o preço da lenha de bracatinga produzida na RMC ao consumidor, é pouco flexível e, é afetado pela matriz energética regional, onde participam, de modo crescente, novas opções como resíduos de serraria. As indústrias de minerais não metálicos, principais consumidoras de lenha, vêm diminuindo a procura, causando redução do preço e da área total de bracatingais explorada anualmente. Diante deste quadro, considera-se inviável repassar os custos da reposição de nutrientes ao preço da lenha para o consumidor.

4. CONCLUSÕES

A exportação de nutrientes pela lenha da bracatinga representa ao menos 10,3% da renda bruta obtida por sua produção. A reposição dos fertilizantes é considerada, hoje, inviável do ponto de vista econômico. Há necessidade de introduzir mudanças profundas nas práticas do sistema, no sentido de permitir equilibrar o balanço de nutrientes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (Washington, EUA). **Official methods of analysis**. Washington, 1975. 1084p.
- ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* (L' Herit.) forest. IV. - Nutrient uptake and nutrient return. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v.28, n.2, p.199-222, 1980.
- BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A.; AYANZ, A.A. Equações estimativas do peso seco da biomassa aérea da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) na idade de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.30/31, p.37-49, 1995.
- BAGGIO, A.J.; CARPANEZZI, A.A. Produtividade da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) nos municípios de Colombo e Bocaiúva do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.34, 1997. No prelo.
- BUDELMAN, A. Nutrient composition of the biomass of three selected woody leguminous species. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.8, n.1, p.39-51, 1989.
- CARDENAS, C. **Exportação de nutrientes e produtividade em povoamentos de eucaliptos no litoral norte do Espírito Santo**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 98p. Dissertação Mestrado.
- CASTRO, C.F.A. **Distribuição da fitomassa acima do solo e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* plantados no estado de São Paulo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1984. 63p. Dissertação Mestrado.
- EVANS, J. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of *Gmelina arborea*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.52, n.4, p. 547-552, 1979.
- KIMMINS, J.P. Evaluation of the consequence for the future tree productivity of the loss of nutrients in whole-tree harvesting. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.2, n.12, p.169-183, 1977.
- LAMB, D. Variation in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast-growing tropical eucalypt. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.45, p.477-492, 1976.
- LA TORRACA, S.M.; HAAG, W.P.; MIGLIORINI, A.J. Recrutamento e exportação de nutrientes por *Pinus elliottii* em um latossolo vermelho escuro na região de Agudos, SP. **IPEF**, Piracicaba, n.27, p.41-47, 1984.
- LAURENT, J.M.E; MENDONÇA, W.R. **Abastecimento de lenha às indústrias da Região Metropolitana de Curitiba-Norte**. Curitiba, EMATER - PR, 1989. 40p. (PROJETO FAO - GCP/BRA/025/FRA. Série Estudos Florestais, 2).
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: J. Olympio, 1981. 450p.
- MADGWICK, H.A.I. The accuracy and precision of estimates of the dry matter in stems, branches and foliage in an old-field *Pinus virginiana* stand. In: IUFRO CONGRESS, 15, 1971, Gainesville. **Forest biomass studies**. Maine: University of Maine, 1971. p.105-112p.
- MAGHEMBE, J.A.; KARIUKI, E.M.; HALLER, R.D. Biomass and nutrient accumulation in young *Prosopis juliflora* at Mombassa, Kenya. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v.1, n.4, p.313-321, 1983.

- NAIR, P.K.R. **Soil productivity aspects of agroforestry**. Nairobi: ICRAF, 1984. 85p.
- POGGIANI, F; COUTO, H.T.Z; CORRADINI, L.; FAZZIO, E.C.M. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, Piracicaba, n.25, p.37-39. 1983.
- RUSSO, R.O. Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales. In: CURSO CORTO SOBRE METODOLOGIAS DE INVENTÁRIOS AGROFORESTALES EN EL TRÓPICO HUMEDO, 1982, Cali. **Anales**. Turrialba: CATIE, 1983. p.1-27.
- SARRUGE, R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.
- SCHUMACHER, M.V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden e *Eucalyptus tereticornis* E. Muell.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1992. 87p. Dissertação Mestrado.
- SINGH, B. Nutrient content of standing crop and biological cycling in *Pinus patula* ecosystem. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.4, n.4, p.317-332, 1982.
- TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Nutrient cycling within a 27 year-old *Eucalyptus grandis* plantation in New South Wales. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.6, n.2, p.155-168, 1983.
- ZOTTL, H. W.; TSCHINKEL, H. **Nutrición y fertilización forestal: una guía práctica**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Recursos Forestales, 1971. 116p.
- WISE, P.K.; PITMAN, M.G. Nutrient removal and replacement associated with short rotation eucalypt plantations. **Australian Forestry**, Canberra, v.44, n.3, p. 142-152, 1981.