

Índice de eficiência de micronutrientes em espécies arbóreas – Floresta Ombrófila Mista Montana/Paraná

Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Renato Marques², Luciano Farinha Watzlawick³,
Ronaldo Viana Soares⁴

Prof^o Dr. Departamento de Engenharia Florestal/Centro de Ciências Tecnológicas/FURB -
Universidade Regional de Blumenau. Campus II. Blumenau/SC. caldeiramv@yahoo.com.br ¹
Prof^o Dr. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola – UFPR. Rua dos Funcionários, 1540,
Cabral, 80035-050, Curitiba, PR. rmarques@ufpr.br ²

Prof^o Dr. Tiular do Departamento de Ciências Florestais – UFPR. rvsoares@floresta.ufpr.br ³
Prof^o Dr. Departamento de Engenharias Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste Unicentro,
BR 153, Km 7, Bairro Riozinho, Irati/PR, 84.500-000. farinha@unicentro.br ⁴

Recebido em 25 de novembro de 2004

Resumo

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo principal caracterizar o Índice de Eficiência de Micronutrientes (IEM) nos componentes da biomassa acima do solo (DAP \geq 10,0 cm) das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista Montana, General Carneiro/PR, utilizando 20 unidades amostrais primárias de 12 m x 12 m. Houve uma variação dos IEM entre as espécies arbóreas, bem como entre os componentes da biomassa acima do solo (fuste = madeira do fuste + casca; folhas e total = fuste + galhos + folhas). As espécies que apresentaram altos IEM para a produção de fuste foram as mesmas para a produção de componentes lenhosos (fuste + galhos), exceto *Myrsine ferruginea*; *Schinus terebinthifolius* e *Calyptanthus concinna*.

Palavras-chave: Espécies Arbóreas, Eficiência de Nutrientes, Floresta com Araucária

Efficiency index of micronutrients in tree species in a Mixed Araucaria Forest/Paraná state

Abstract

The main objective of this study was to characterize the efficiency index of micronutrients in the tree species biomass in a Mixed Araucaria Forest through 20 primary sample plots of 12 m x 12 m. The efficiency index of micronutrients (EIM) between the tree species, like between the up ground biomass components (stem = wood stem + bark; leaves and total = stem + branch + leaves) varied. The species that showed high EIM for the stem production were the same that show for the woody components production (stem + branches), except for *Myrsine ferruginea*; *Schinus terebinthifolius* and *Calyptanthus concinna*.

Key words: Tree species, nutrients efficiency, Araucaria Forest

Introdução

A determinação da eficiência de utilização de macro e micronutrientes em uma determinada espécie florestal podem ser definidas como a quantidade

de matéria seca produzida (kg) por kg de nutriente utilizado (Hansen & Baker, 1979).

Conforme Blair (1993), espécies eficientes no uso de nutrientes são aquelas que apresentam capacidade em absorvê-los da rizosfera, incorporá-los e utilizá-

los para a produção de biomassa acima e/ou abaixo do solo. Determinada espécie pode ser eficiente conforme de três critérios: a) eficientes na absorção de nutrientes – baseado na capacidade da raiz em retirar os nutrientes do solo; b) eficiente na translocação de nutrientes – baseado na capacidade de produzir biomassa acima do solo e c) eficiente na utilização de nutrientes – baseado na capacidade de produzir biomassa acima do solo e abaixo do solo.

A seleção de material genético que melhor se adapte à condição de baixa fertilidade do solo tem sido uma preocupação constante, sendo desejáveis espécies, com maior capacidade de absorver e utilizar os nutrientes (Morais et al., 1990). A avaliação da eficiência de utilização de nutrientes por parte da diferentes espécies florestais, procedências, e/ou clones, é um parâmetro para auxiliar o silvicultor no momento de optar pelo material a ser utilizado nos reflorestamentos (Caldeira et al., 2002; Caldeira, 2003; Caldeira et al., 2004).

Do ponto de vista nutricional, Furlani et al. (1984) conceituaram como uma espécie/genótipo superior, àquela capaz de desenvolver e ter uma boa produção em condições desfavoráveis de fertilidade do solo, tendo habilidade de absorver os nutrientes necessários, em menor quantidade, e/ou distribuí-los de uma maneira mais eficiente nos diversos componentes da planta, sem comprometer a produtividade. A maior ou menor eficiência de uso de nutrientes das diferentes espécies arbóreas pode ser o reflexo de uma adaptação às perdas anuais e ao aumento da reutilização dos mesmos (Schumacher, 1995). No entanto, uma menor devolução de serapilheira, principalmente de folhas, e o alto índice de redistribuição de alguns nutrientes antes da queda das folhas, são estratégias que as espécies podem utilizar para aumentar a conservação de nutrientes nos componentes das árvores (Caldeira, 2003).

A eficiência de utilização de nutrientes varia em função da idade das espécies (Pereira et al., 1984; Schumacher, 1995). Segundo Negi & Sharma (1984) árvores de *Eucalyptus globulus* com 5 anos de idade possuem uma tendência de apresentar uma menor eficiência do que árvores com 9 anos de idade. Varia também em função da espécie, sítio, procedências, estágios sucessionais e em plantações puras e consorciadas (Gonçalves et al., 1992; Caldeira et al., 2002, 2004).

Neste estudo, deu-se ênfase somente aos aspectos relacionados à eficiência na translocação de nutrientes. Entretanto, face à relevância do assunto para as espécies florestais, o mesmo precisa ser aprimorado, visando dominar e aprimorar, o conhecimento das estratégias de estabelecimento usado pelas espécies arbóreas no que diz respeito à eficiência de absorção, translocação e utilização de nutrientes.

O trabalho teve como objetivo caracterizar o índice de eficiência de micronutrientes (IEM) nos componentes da biomassa acima do solo (DAP \geq 10,0 cm) das espécies arbóreas da Floresta Ombrofila Mista Montana, General Carneiro/PR.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em uma propriedade das Indústrias Pedro N. Pizzatto, localizada no município de General Carneiro, Paraná, que fica no extremo sul do estado, fazendo divisa com o Estado de Santa Catarina. O município de General Carneiro está localizado na intersecção das coordenadas geográficas 26° 43' 00 S e 51° 24' 35 W, com altitude aproximada de 1000 m s.n.m. (Paraná, 1987). A área da fazenda onde foi desenvolvido o trabalho é de aproximadamente de 4.570 ha.

Pela classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfb), ou seja, temperado com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas, sem estação seca. A média das temperaturas do mês mais quente é inferior a 22°C e a do mês mais frio é superior a 18°C (Paraná, 1987; IAPAR, 1994). Para Camargo (1988) o clima da região pode ser considerado como Temperado Semi-Úmido de Altitude.

Em relação ao relevo General Carneiro apresenta 20% de topografia plana, 65% de topografia ondulada e 15% de topografia montanhosa. Nesta região, pelo sistema de classificação de solos da Embrapa (1999) os tipos de solos predominantes são os Neossolos Litólicos, Cambissolos (EMBRAPA, 1984) e Argissolos (Paraná, 1987).

Os Neossolos Litólicos são solos minerais, poucos desenvolvidos, formados a partir de diferentes materiais de origem, que se desenvolveram no Estado do Paraná principalmente de rochas eruptivas básicas e intermediárias, rochas ígneas ácidas, folhelhos, filitos e arenitos. Os Cambissolos compreendem solos minerais não hidromórficos com horizonte B câmbico e altos teores de silte (EMBRAPA, 1984).

Os Argissolos são formados por solos não hidromórficos com horizonte B textural, argiloso com baixa capacidade de troca de cátions, ricos em sesquióxidos de Fe e Al. São solos com predomínios de minerais pesados e teores relativamente elevados de Mn (EMBRAPA, 1984).

No primeiro semestre de 2001, o Laboratório de Inventário Florestal/UFPR realizou o inventário florestal, utilizando o método de amostragem de área fixa e o processo sistemático (Watzlawick, 2003), no qual foram localizadas e medidas 70 unidades amostrais (UAs) de 25 m x 100 m, numeradas de 1 a 70.

Destas 70 UAs, conforme Watzlawick (2003) foram sorteadas aleatoriamente 20 para a quantifica-

ção de biomassa do presente estudo. Nestas, foram localizadas subunidades amostrais de 12 m x 12 m (unidade amostral primária - UAP).

A quantificação de biomassa acima do solo (DAP $\geq 10,0$ cm) foi realizada durante o primeiro semestre de 2001 (janeiro a julho).

Nas UAPs foram cortadas e medidas todas as árvores com DAP $\geq 10,0$ cm para a determinação de biomassa acima do solo. De cada árvore foram medidas ou pesadas as seguintes variáveis: CAP (circunferência à altura do peito); altura total; altura comercial (ponto de inversão morfológica); comprimento, largura e espessura da casca; peso verde da casca, da madeira do fuste, das folhas, dos galhos e da miscelânea (musgos, líquens, lianas, bromélias, orquídeas). Durante a coleta foram quantificados também flores e frutos, mas devido à pequena quantidade de material, não possuindo muitas vezes amostras suficientes para as análises de macro e micronutrientes, eles foram agrupados no componente miscelânea.

Os materiais coletados em cada UAP foram pesados separadamente no campo. Depois de pesado cada componente da árvore (madeira do fuste, casca, galhos, folhas e miscelâneas), foram retiradas amostras de aproximadamente 300 g. Para a amostra de madeira do fuste foram retirados dois discos de aproximadamente 5,0 cm de espessura, sendo o primeiro a 0,5 m de altura acima do corte da árvore e o segundo a 0,5 m abaixo do ponto de inversão morfológico. Para a amostra de casca foram utilizados os mesmos discos da amostra de madeira do fuste. Em cada disco amostrado foi separada a casca da madeira do fuste. A biomassa total de casca foi estimada utilizando relações de fator de casca (Watzlawick, 2003). Somente foram considerados como galhos, aqueles que estavam acima do ponto de inversão morfológico. Para os galhos foram retiradas amostras em todos os diâmetros e em todas as alturas de copa. No que se refere às folhas, foram retiradas amostras na parte superior, intermediária e inferior da copa.

As amostras de cada componente foram acondicionadas e colocadas em estufa de circulação e renovação de ar forçada, para secagem à temperatura de 75°C por um período de 72 horas, para a determinação da massa seca.

Todos os indivíduos amostrados no estudo tiveram seu material vegetativo e quando possível reprodutivo, coletados para serem submetidos aos processos de herbarização, conforme as recomendações do IBGE (1992). O material herbarizado foi identificado no Laboratório de Inventário Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná.

A determinação da biomassa por espécie e por componente foi realizada através do somatório de

cada espécie amostrada e a biomassa por unidade de área (ha) foi calculada a partir da biomassa média das UAPs.

Das espécies amostradas que apresentavam mais de três exemplares, foram selecionados três (com maior, médio e menor DAP) e das que tinham menos de três, todos foram usados para a determinação do teor de macronutrientes nos componentes da biomassa acima do solo (DAP $\geq 10,0$ cm). Para a determinação dos macronutrientes na casca e na madeira do fuste foi utilizada a média de duas amostras.

As amostras de cada componente da biomassa foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 75°C e em seguida trituradas em moinho do tipo Wiley, passadas em peneiras de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenadas em frascos de vidros para subsequente análise química (Miyazawa et al., 1999).

Os extratos de tecido vegetal de Cu, Zn, Fe e Mn foram obtidos por digestão úmida, solução nítrica-perclórica. As análises de B feitas por digestão seca. No espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) foram determinados os teores de Cu, Zn, Fe e Mn. O teor de Boro foi determinado no espectrofotômetro visível (VIS) (Tedesco et al., 1995; Miyazawa et al., 1999).

A quantidade dos micronutrientes em kg/espécie⁻¹ nos componentes da biomassa foi calculada através da multiplicação da biomassa (kg/espécie⁻¹) pelo teor de micronutrientes determinado para cada componente (madeira do fuste, casca, galhos, folhas e miscelânea). A soma dos valores dos micronutrientes para cada componente da biomassa forneceu a quantidade total (Mg.ha⁻¹) dos mesmos.

Para estimar o Índice de Eficiência de Micronutrientes (IEM) para os diferentes componentes da biomassa acima do solo (DAP $\geq 10,0$ cm), foi utilizada a fórmula proposta por HANSEN e BAKER (1979), sendo:

$$IEM_{\text{Micronutrientes}} = \frac{B}{N}$$

Onde:

$IEM_{\text{micronutrientes}}$ = Índice de Eficiência de Micronutrientes

BP = kg de biomassa produzida

NU = kg de nutriente utilizado

Foram coletadas amostras simples de solo em uma das três unidades amostrais secundárias (UASs) (1 x 1 m), ou seja, das vinte unidades amostrais secundárias (UASs) (1 x 1 m), foram utilizadas catorze, para a coleta do solo na profundidade de 0-20 cm com objetivo de caracterizar algumas propriedades físicas e químicas do solo (Tabela 1). O fato de se utilizarem catorze e não vinte unidades devem-se a certas dificuldades tais como a presença expressiva de calhaus. Para a realização das análises foi utilizada a

Table 1. Valores médios da análise do solo (camada superficial 0-20 cm) da área de estudo - Floresta Ombrófila Mista Montana.

Table 1. Soil analysis medium values from studied area from the - Mixed Araucaria Forest.

Variável	Unidade	Valores médios referente as catorze UASs (1 x 1 m)
Argila	g.kg ⁻¹	640,1
pH em H ₂ O	-	4,4
P	mg.dm ⁻³	1,6
K	mg.dm ⁻³	62,0
MO ⁽¹⁾	g.kg ⁻¹	4,8
CO ⁽²⁾	g.kg ⁻¹	2,7
Al	mg.dm ⁻³	4,2
Ca	cmol _c .dm ⁻³	1,6
Mg	mg.dm ⁻³	0,51
H + Al	cmol _c .dm ⁻³	12,0
Saturação por Bases	%	16,1
Cu	mg.dm ⁻³	13,3
Zn	mg.dm ⁻³	1,7
Fe	mg.dm ⁻³	103,5
Mn	mg.dm ⁻³	19,7

Nota: ⁽¹⁾ Matéria orgânica; ⁽²⁾ Carbono orgânico.

metodologia de Tedesco et al. (1995).

Conforme a classificação do IBGE (1992), a formação florestal original da área de estudo é classificada como Floresta Ombrófila Mista Montana. Contudo, devido às diversas atividades antrópicas a vegetação se encontra em diferentes estágios sucessionais.

Na Figura 1 pode-se observar ao uso do solo da área de estudo, com as respectivas localizações das parcelas.

Resultados e Discussão

As espécies amostradas na floresta em estudo apresentaram comportamento bem diferenciado no que se refere ao IEM, bem como nos componentes da biomassa (Tabelas 2, 3 e 4).

Para a produção de biomassa total, as espécies que apresentaram índice de eficiência alta de B e Cu foram, *Lamanonia ternata*, *Mimosa scabrella*, e *Myrcia* sp.; *Xylosma* sp., *Vernonia discolor* e *Ilex microdonta*. No entanto, as espécies que apresentaram índice de eficiência baixa de B foram *Sapium glandulatum*, *Clethra scabra*, *Jacaranda puberula*

e *Dicksonia sellowiana* (Tabela 2).

Das 39 espécies estudadas apenas cinco espécies apresentaram índice de eficiência alta de B para a produção de biomassa de fuste e uma espécie para produção de folhas (*Clethra scabra*) e três espécies (*Casearia decandra*, *Sebastiania brasiliensis* e *Vernonia discolor*) apresentaram índice de eficiência baixa de B para a produção de biomassa de folhas.

Em relação ao índice de eficiência do Cu para a produção de biomassa de fuste, as espécies *Ilex microdonta* e *Vernonia discolor* apresentam índice de eficiência alta desse micronutriente para a produção de biomassa em relação às outras espécies. As espécies *Dicksonia sellowiana* e *Schinus terebinthifolius* apresentam índice de eficiência baixa de Cu para a produção do fuste. *Sebastiania commersoniana* seguida da *Araucaria angustifolia* foram as espécies que apresentaram índice de eficiência alta de Cu para a produção de biomassa de folhas e *Vernonia discolor* seguida de outras com baixo índice de eficiência.

O índice de eficiência de Fe para a produção de biomassa entre as espécies apresentou certa similaridade entre os componentes, principalmente na produção de biomassa de folhas e total. O índice de

Tabela 2. Índice de Eficiência de B e Cu nos componentes da biomassa acima do solo – Floresta Ombrófila Mista Montana.**Table 2.** Efficiency index of B and Cu in the above-ground components – Mixed Araucaria Forest.

Espécie	Fuste ⁽¹⁾		Folhas		Total ⁽²⁾	
	B	Cu	B	Cu	B	Cu
<i>Allophylus edulis</i>	103.021	271.486	20.482	133.333	42.034	198.671
<i>Araucaria angustifolia</i>	136.790	349.340	37.855	193.548	68.844	229.145
<i>Calyptanthes concinna</i>	68.879	476.575	40.241	57.971	63.159	271.878
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	157.183	373.454	13.539	131.234	57.687	211.651
<i>Casearia decandra</i>	109.026	272.819	6.220	41.684	47.760	188.995
<i>Clethra scabra</i>	32.371	220.832	481.23	134.953	21.829	227.930
<i>Cupania vernalis</i>	115.479	228.015	209.26	112.360	52.184	201.796
<i>Dicksonia sellowiana</i>	55.402	43.924	25.538	57.926	26.643	46.249
<i>Drimys brasiliensis</i>	129.121	152.723	30.321	75.472	48.589	130.753
<i>Ilex dumosa</i>	109.736	349.845	20.071	84.890	56.069	210.559
<i>Ilex microdonta</i>	66.416	1.278.240	17.411	154.162	34.842	330.515
<i>Ilex paraguariensis</i>	78.573	200.045	23.326	60.024	42.836	145.447
<i>Ilex theezans</i>	75.648	572.029	11.748	98.039	40.875	429.976
<i>Jacaranda puberula</i>	86.292	142.457	20.263	139.860	38.573	77.334
<i>Lamanonia ternata</i>	166.487	438.418	22.899	153.846	77.501	237.907
<i>Lithraea brasiliensis</i>	97.966	221.448	29.904	67.114	54.980	155.161
<i>Matayba elaeagnoides</i>	74.370	182.382	27.859	132.450	43.645	209.343
<i>Mimosa scabrella</i>	133.805	316.484	34.010	63.694	74.700	205.040
<i>Myrcia</i> sp	132.617	157.957	13.184	43.860	72.589	154.649
<i>Myrsine ferruginea</i>	145.713	352.254	20.408	98.361	61.375	267.948
<i>Myrsine umbellata</i>	69.093	228.746	44.477	90.361	48.853	179.886
<i>Nectandra megapotamica</i>	95.858	315.363	29.070	112.782	51.349	124.565
<i>Ocotea porosa</i>	151.513	302.696	59.916	87.719	58.851	156.579
<i>Ocotea puberula</i>	56.045	188.101	33.248	124.688	46.669	139.431
<i>Ocotea pulchella</i>	85.953	253.340	22.643	106.057	43.265	142.506
<i>Persea major</i>	49.744	145.154	42.608	96.154	36.175	137.944
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	72.088	152.207	41.057	41.322	39.732	116.530
<i>Prunus brasiliensis</i>	174.227	452.080	42.391	120.627	67.538	226.773
<i>Quillaja brasiliensis</i>	150.382	867.447	23.386	128.205	69.640	285.932
<i>Sapium glandulatum</i>	44.645	415.859	15.280	142.180	21.996	237.413
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	75.840	98.869	40.700	114.943	42.381	105.997
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	73.149	294.904	8.048	109.890	35.460	230.515
<i>Sebastiania commersoniana</i>	155.990	338.658	35.211	543.478	67.321	263.931
<i>Sloanea lasiocoma</i>	41.055	206.639	81.433	25.000	26.227	147.332
<i>Styrax leprosus</i>	153.465	303.524	32.404	114.943	57.489	163.525
<i>Symplocos celastrina</i>	86.602	477.809	23.787	76.923	52.444	279.701
<i>Symplocos uniflora</i>	75.092	411.904	33.294	101.215	42.505	199.554
<i>Vernonia discolor</i>	68.566	755.058	9.976	6.3291	42.222	359.984
<i>Xylosma</i> sp	87.160	1.312.263	20.704	126.582	65.159	502.102

Nota: (1) madeira do fuste + casca; (2) fuste + galhos + folhas.

Tabela 3. Índice de Eficiência de Fe e Mn nos componentes da biomassa acima do solo – Floresta Ombrófila Mista Montana.**Table 3.** Efficiency index of Fe and Mn in the above-ground components – Mixed Araucaria Forest.

Espécie	Fuste ⁽¹⁾		Folhas		Total ⁽²⁾	
	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn
<i>Allophylus edulis</i>	12.903	41.455	1.417	6.224	4.955	25.717
<i>Araucaria angustifolia</i>	5.091	4.382	6.682	1.270	5.224	3.915
<i>Calyptanthus concinna</i>	18.706	3.399	4.415	1.176	9.053	2.643
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	12.330	14.464	10.417	8.850	8.349	7.094
<i>Casearia decandra</i>	15.152	6.296	3.161	1.084	3.761	3.870
<i>Clethra scabra</i>	4.452	9.212	1.908	1.183	5.311	3.434
<i>Cupania vernalis</i>	15.250	7.810	6.593	1.078	10.928	4.576
<i>Dicksonia sellowiana</i>	2.078	1.611	1.511	3.077	1.928	1.789
<i>Drimys brasiliensis</i>	5.021	4.645	1.675	1.323	4.616	1.535
<i>Ilex dumosa</i>	10.392	4.046	12.706	909	8.440	2.152
<i>Ilex microdonta</i>	20.651	3.547	16.529	1.056	11.552	1.878
<i>Ilex paraguariensis</i>	5.433	2.428	5.825	828	6.438	2.049
<i>Ilex theezans</i>	6.987	4.290	7.692	1.010	7.498	2.372
<i>Jacaranda puberula</i>	3.846	11.755	3.945	1.156	5.048	4.306
<i>Lamanonia ternata</i>	7.932	7.895	5.747	1.087	8.606	4.015
<i>Lithraea brasiliensis</i>	8.123	12.283	7.673	2.876	4.464	5.448
<i>Matayba elaeagnoides</i>	9.949	3.675	7.663	1.311	12.008	4.224
<i>Mimosa scabrella</i>	3.881	1.375	3.015	1.642	4.700	2.523
<i>Myrcia</i> sp	14.479	1.911	6.689	2.268	10.846	2.007
<i>Myrsine ferruginea</i>	2.443	10.629	6.383	6.623	4.009	9.469
<i>Myrsine umbellata</i>	10.747	11.875	3.122	3.788	6.420	5.925
<i>Nectandra megapotamica</i>	20.759	15.374	5.792	1.917	14.650	4.419
<i>Ocotea porosa</i>	13.721	15.453	3.161	1.738	5.335	3.497
<i>Ocotea puberula</i>	8.510	4.158	5.998	2.814	11.834	3.601
<i>Ocotea pulchella</i>	6.994	5.596	7.270	2.014	10.327	1.194
<i>Persea major</i>	5.187	2.115	3.584	1.042	4.282	1.799
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	10.828	2.465	4.831	1.340	5.234	2.008
<i>Prunus brasiliensis</i>	25.027	14.903	12.666	2.179	15.648	4.611
<i>Quillaja brasiliensis</i>	28.939	4.382	12.987	685	19.375	2.025
<i>Sapium glandulatum</i>	17.123	6.975	8.987	1.757	15.695	5.192
<i>Schinus Terebinthifolius</i>	7.688	10.650	20.000	5.051	4.677	9.638
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	9.822	6.829	6.711	11.905	9.468	6.267
<i>Sebastiania commersoniana</i>	11.930	45.323	21.277	17.241	6.088	22.870
<i>Sloanea lasiocoma</i>	10.874	2.834	9.259	926	11.185	1.803
<i>Styrax leprosus</i>	14.786	4.073	6.780	1.143	5.179	2.038
<i>Symplocos celastrina</i>	23.450	1.286	5.263	1.927	21.577	1.291
<i>Symplocos uniflora</i>	9.011	3.151	1.637	1.706	5.350	2.398
<i>Vernonia discolor</i>	21.866	3.170	2.381	820	12.864	3.028
<i>Xylosma</i> sp	36.933	7.964	6.250	758	1.614	4.591

Nota: (1) madeira do fuste + casca; (2) fuste + galhos + folhas.

Tabela 4. Índice de Eficiência de Zn nos componentes da biomassa acima do solo – Floresta Ombrófila Mista Montana.**Table 4.** Efficiency index of Zn in the above-ground components – Mixed Araucaria Forest.

Espécie	Fuste ⁽¹⁾	Folhas	Total ⁽²⁾
<i>Allophylus edulis</i>	24.747	18.293	29.568
<i>Araucaria angustifolia</i>	24.674	59.547	14.958
<i>Calyptanthes concinna</i>	139.547	85.070	101.129
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	58.561	42.194	22.857
<i>Casearia decandra</i>	11.270	38.948	7.735
<i>Clethra scabra</i>	25.047	49.652	16.642
<i>Cupania vernalis</i>	68.612	34.364	42.372
<i>Dicksonia sellowiana</i>	24.272	47.977	15.846
<i>Drimys brasiliensis</i>	48.030	17.892	39.868
<i>Ilex dumosa</i>	23.362	11.312	11.309
<i>Ilex microdonta</i>	37.127	24.410	20.610
<i>Ilex paraguariensis</i>	10.359	27.268	6.834
<i>Ilex theezans</i>	20.789	9.174	10.624
<i>Jacaranda puberula</i>	55.641	63.694	39.005
<i>Lamanonia ternata</i>	34.178	33.898	19.074
<i>Lithraea brasiliensis</i>	28.536	45.732	25.701
<i>Matayba elaeagnoides</i>	62.717	43.764	43.881
<i>Mimosa scabrella</i>	54.366	46.540	57.980
<i>Myrcia</i> sp	355.465	112.360	192.548
<i>Myrsine ferruginea</i>	125.557	58.027	94.381
<i>Myrsine umbellata</i>	97.788	98.879	72.291
<i>Nectandra megapotamica</i>	120.773	61.350	74.442
<i>Ocotea porosa</i>	224.028	76.511	63.344
<i>Ocotea puberula</i>	57.203	32.723	46.396
<i>Ocotea pulchella</i>	50.505	74.294	20.507
<i>Persea major</i>	46.122	27.933	28.623
<i>Piptocarpha angustifolia</i>	43.782	31.646	27.446
<i>Prunus brasiliensis</i>	89.570	55.679	53.154
<i>Quillaja brasiliensis</i>	21.354	34.483	29.047
<i>Sapium glandulatum</i>	48.754	42.937	26.154
<i>Schinus terebinthifolius</i>	22.144	52.029	14.906
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	39.764	39.063	26.247
<i>Sebastiania commersoniana</i>	85.815	100.000	43.290
<i>Sloanea lasiocoma</i>	194.678	117.647	129.461
<i>Styrax leprosus</i>	58.766	78.278	41.989
<i>Symplocos celastrina</i>	125.443	38.715	85.694
<i>Symplocos uniflora</i>	66.634	25.830	40.891
<i>Vernonia discolor</i>	36.206	33.333	25.912
<i>Xylosma</i> sp	8.595	39.479	14.197

Nota: (1) madeira do fuste + casca; (2) fuste + galhos + folhas.

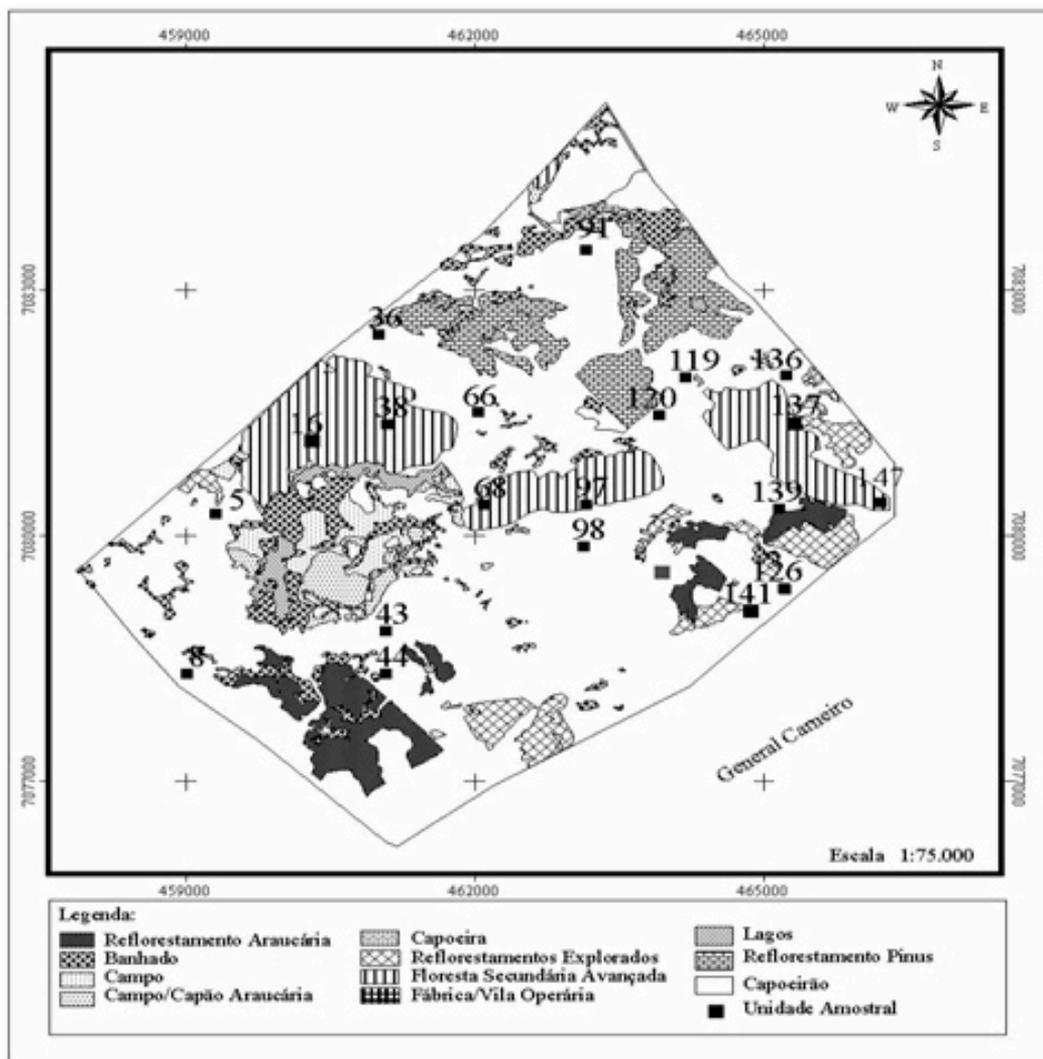


Figura 1. Uso do solo e localização das unidades amostrais na Floresta Ombrófila Mista Montana.
Figure 1. Soil use and the site of the sample units.

eficiência de Mn para a produção de biomassa total também apresentou uma certa similaridade entre as espécies. Na produção de biomassa total, a Tabela 3 mostra que *Symplocos celastrina* apresentou índice de eficiência de Fe alta para a produção de biomassa total, porém *Allophyllus edulis* e *Sebastiania comersoniana* índice de eficiência de Mn alta para a produção de biomassa total.

Para a produção do fuste, *Xilosma* sp., *Quillaja brasiliensis*, *Prunus brasiliensis*, *Symplocos celastrina*, *Vernonia discolor*, *Nectandra megapotamica* e *Ilex microdonta* foram consideradas espécies que apresentaram índice de eficiência alta de Fe. Para a produção de folhas somente duas espécies apresentaram índice de eficiência de Mn alta e cinco espécies com índice de eficiência baixo.

Algumas espécies como *Symplocos celastrina*, *Myrcia* sp, *Mimosa scabrella* e *Dicksonia sellowiana* apresentaram índice de eficiência de Mn baixo para a produção de biomassa de fuste. Para a produção de biomassa de folhas, o gênero *Sebastiania* em relação aos outros gêneros, bem como a outras espécies apresentou índice de eficiência de Mn alta para a produção de biomassa foliar.

A Tabela 4 mostra que as espécies *Myrcia* sp, *Sloanea lasiocoma* e *Calyptanthus concinna* apresentaram alto índice de eficiente de Zn para a produção de biomassa total, bem como para outros componentes. Das 39 espécies estudadas, quatro e três apresentaram alto índice de eficiência de Zn para a produção de biomassa de fuste e folhas, respectivamente.

Conclusões

Houve uma variação nos índices de eficiência de micronutrientes entre as espécies arbóreas, bem como entre os componentes da biomassa acima do solo (fuste = madeira do fuste + casca; folhas e total = fuste + galhos + folhas)

As espécies que apresentaram alto índice de eficiência de micronutrientes para a produção de biomassa de madeira do fuste foram as mesmas para a produção de componentes lenhosos (fuste + galhos), exceto *Myrsine ferruginea*; *Schinus terebinthifolius* e *Calyptanthes concinna*;

O estoque de micronutrientes de determinadas espécies arbóreas, assim como o índice de eficiência de micronutrientes, podem ser referência para pesquisas e interpretações quanto às necessidades nutricionais e manejo de povoamentos plantados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Prof^o Carlos Roberto Sanquetta DCF/UFPR, pela oportunidade de participar do Projeto Ecológico de Longa Duração - PELD Site 9 Bioma Floresta de Araucária e suas Transições e pelo auxílio financeiro, bem como às Industrias Pedro N. Pizzato Ltda, pelo apoio institucional a todos os seus funcionários.

Referências bibliográficas

BLAIR, G. **Nutrient efficiency – what do we really mean?**. Genetic aspects of plant mineral nutrition. Boston: Kluwer Academic, 1993. p.205-213.

CALDEIRA, M.V.W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. Curitiba, 2003. 176p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CALDEIRA, M.V.W.; RONDON NETO, R.M.; SCHUMACHER, M.V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, V. 26, (5), p.615-620, 2002.

CALDEIRA, M.V.W.; RONDON NETO, R.M.; SCHUMACHER, M.V. Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, V. 28, (1), p.39-47, 2004.

CAMARGO, J. B. **Geografia física, humana e econômica do Paraná**. 2. ed. Chichetec, 1998. 207p.

DRUMOND, M.A. **Alterações fitossociológicas e edáficas decorrentes de modificações da cobertura vegetal na Mata Atlântica, região do médio Rio Doce, MG**. Viçosa, MG. 1996. 73p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Viçosa.

DRUMOND, M.A.; BARROS, N.F.; SOUZA, A.L.; SILVA, A.F.; TEIXEIRA, J. L. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, V. 21, (1), p. 1-10, 1997.

DRUMOND, M.A.; POGGIANI, F. Distribuição da biomassa e dos nutrientes em plantações puras e consorciadas de *Liquidambar styraciflua* e *Pinus caribaea hondurensis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba: SBS, p. 234-239.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Londrina: n. 27, t. 1 e 2, 1984.

FURLANI, A.M.C.; CLARK, R.B.; MARANVILLE, J.W.; ROSS, W.M. Sorghum genotype differences in phosphorus uptake, phosphorus efficiency, phosphorus mobilization and utilization. **Journal of Plant Nutrition**, V. 7, (7), p. 1113-1126, 1984.

GONÇALVES, J.L.M.; KAGEYAMA, P.Y.; FREIXEDAS, V.M.; GONÇALVES, J.C.; GERES, W.L.A. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS: CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2., 1992. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 463-469.

HANSEN, E.A.; BAKER, J.B. Biomass and nutrient removal in short rotation intensively cultured plantations. **Annual Meeting American Poplars Council**, Thompsomville, 1979. p. 130-151.

IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p. (Documentos; 18).

- IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 92p.
- LAMBERS, H.; CHAPIN III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer-Verlag, 2000. 540p.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 301p.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MURAOKA, T.; CARMO, C.A.F.S.; MELLO, W.J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. p. 171-223.
- MORAIS, E.J.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; BARNDI, R.M. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V. 14, (3), p. 353-362, 1990.
- NEGI, J.D.S.; SHARMA, D.C. Distribution of nutrient in ages series of *Eucalyptus globules* plantations in Tamil Nadu. **Indian Forester**, V. 110, (9), p. 944-953, 1984.
- PARANÁ. Secretária de Estado de Agricultura e Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Atlas do Estado do Paraná**, Curitiba, 1987. 73p.
- PEREIRA, A.R.; BARROS, N.F.; ANDRADE, D.C.; CAMPOS, P.T.A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do cerrado. **Brasil Florestal**, Brasília, n.59, p. 27-38, 1984.
- SCHUMACHER, M.V. **Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. Wien, Austria: Universität für Bodenkultur, 1995. 167f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRG, Departamento de Solos/Faculdade de Agronomia, 1995. 174p. (Boletim Técnico; 5).
- VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, V. 65, (1), p. 258-298, 1984.
- WATZLAWICK, L.F. **Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. Curitiba, 2003. 120f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.