
CONCENTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES
NAS FOLHAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS, NA AMA-
ZÔNIA OCIDENTAL

LUÍS MAURO SAMPAIO MAGALHÃES

Dr., Prof. Adjunto, DCA -IF-UFRRJ

WINFRIED ERICH HUBER BLUM

Dr. Prof. Catedrático, Universität für
Bodenkultur-GregorMendel str.33,Viena, Áustria

R E S U M O

S ão apresentados resultados da análise foliar de duas espécies arbóreas nativas (*Carapa guianenses* e *Cedrelinga catenaeformis*) e duas exóticas (*Eucalyptus deglupta* e *Gmelina arborea*), plantadas na região de Manaus, observando-se a influência da posição da copa, idade fisiológica das folhas e época de coleta nos teores de bioelementos. Foram analisadas folhas coletadas em três posições de copa, em folhas novas, maduras e senescentes, bem como em amostras tomadas em estações climáticas diferentes. Os resultados mostram diferenças importantes, tanto entre espécies quanto entre bioelementos. O padrão de distribuição de alguns elementos pode afetar não só a nutrição destas essências, como a própria ciclagem de nutrientes.

Palavras-chaves: Nutrição florestal, Análise foliar, Amazônia.

A B S T R A C T

CONCENTRATION AND DISTRIBUTION OF NUTRIENTS
IN LEAVES OF FOREST SPECIES, ON EAST AMAZONIA

The analysis of foliar nutrients concentrations on *Carapa guianensis*, *Cedrelinga catenaeformis*, amazonian lowland species, and the exotics *Eucalyptus deglupta* and *Gmelina arborea* are presented. Sampling were taken in differents leaf positions of the tree crown, differents leaf ages and differents seasons of collect. This research was done at experimental plantations, sixty kilometers north of Manaus, Amazon. The results show differents distributions for nutrients and species. Nitrogen, phosphorus and potassium present lower concentration on older leaves and on lower crown position; calcium shows the opposite. The results indicate a possible consequence on nutrient cycling of these systems.

Key words: Forest nutrition, Foliar analysis, Amazônia

INTRODUÇÃO

A análise foliar é uma técnica útil para a diagnose nutricional e fornece subsídios importantes para a compreensão da ciclagem de nutrientes e do metabolismo das plantas (BELL & WARD, 1984). No entanto, sua aplicação ainda é restrita em silvicultura. Dentre outros motivos, se aponta a falta de padrões bem estabelecidos. Como a árvore permanece por longo período em uma área, a diagnose foliar, em conjunto com outras técnicas, pode corrigir problemas no plantio em curso e esta vantagem reforça a necessidade de um maior conhecimento a respeito deste método.

A mobilidade e a conservação de nutrientes no ecossistema florestal pode se constituir em um atributo importante e responsável, em parte, pela habilidade das árvores em ocupar solos de baixa fertilidade. FIFE & NAMBIAR (1987), indicam que em espécies de *Pinus* a retranslocação dos nutrientes dentro da planta, de bioelementos, constitui-se numa fonte de suprimento importante. Outros trabalhos mostram também esta relevância para plantios ou sistemas naturais (BELL & WARD, 1984; FASSBENDER, 1985). CHAPIN et al. (1980) mostram as diferenças no movimento de bioelementos dentro das plantas caducifólias e perenifólias, com conseqüências para a população de herbívoros. Vários autores destacam a influência significativa destes processos na ciclagem dos nutrientes (TAMM, 1995; NILSSON et al, 1995).

O teor de bioelementos nas folhas de árvores pode ser afetado por fatores internos e externos à planta. Dentre os primeiros se inclui a posição da copa. Nesse caso, observa-se diferentes concentrações de acordo com a altura da copa de onde foram tomadas as amostras. Estas diferenças podem estar relacionadas à arquitetura da copa da espécie e à capacidade fotossintética diferenciada das folhas presentes em cada posição (VAN DEN DRIESSCHE, 1974; HOLLINGER, 1989, citado por SABATÉ et al, 1995).

Para a idade fisiológica da folha, os teores de

N, P e K são, freqüentemente, maiores nas folhas mais novas, ao contrário de nutrientes menos móveis na planta, como Ca e Mg (VAN DEN DRIESSCHE, 1974; EVANS, 1979; COMERFORD, 1981 e BELL & WARD, 1984). Uma exceção é relatada em *Picea abies*, com a concentração de cálcio apresentando uma distribuição errática em relação à idade das folhas (WYTTEBACH et al., 1995).

Para o período sazonal em que é tomada a amostra, se relatam efeitos de diluição e fluxo de absorção (SABATÉ, 1995); em muitos casos os nutrientes mais móveis apresentam concentrações menores quando a amostragem é feita na estação de maior crescimento. Estes resultados se referem às espécies de clima temperado. Para as regiões tropicais e subtropicais, onde as estações são mais marcadas pela precipitação e onde a fenologia é bem mais heterogênea existem poucos estudos a este respeito (FIFE & NAMBIAR, 1987).

Considerando estes aspectos, o presente artigo enfoca a distribuição de nutrientes nas folhas de quatro espécies florestais, plantadas na região de Manaus, com o objetivo de subsidiar estudos nutricionais e a aplicação futura da diagnose foliar.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo fica na Estação Experimental de Silvicultura Tropical, do INPA, a cerca de sessenta quilômetros ao norte de Manaus. O clima é do tipo Am, pela classificação de Köppen: quente, úmido, isotérmico, com precipitação acima de 2000mm por ano, porém com concentração nos meses de dezembro a maio (RIBEIRO, 1976).

As espécies estudadas foram *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (cedrorana), Leguminosae, Mimosoideae, *Carapa guianensis* Aubl. (andiroba) Meliaceae, *Gmelina arborea* (gmelina) Verbenaceae e *Eucalyptus deglupta* (deglupta) Blume, Mirtaceae, em três parcelas experimentais, de

quatro anos de idade, em espaçamento de 3x3m.. Cada parcela tem 144m² com 16 árvores e os únicos tratos culturais dispensados foram a retirada anual de ervas e outras plantas invasoras ao redor de cada planta e o combate a formigas cortadeiras. A amostra se constituiu das folhas das quatro árvores centrais de cada parcela, sendo coletadas 50 folhas por árvore. Tomando como exemplo a idade foliar, para cada espécie se obteve amostras de 3 parcelas (3 repetições) de folhas novas, 3 de folhas maduras e 3 de folhas senescentes. O mesmo procedimento foi adotado para a altura da copa e época de coleta. Para avaliar o efeito da posição da copa

foram coletadas folhas maduras em três alturas, conforme indicado na figura 1. Para a época de coleta as folhas maduras foram obtidas no terço superior da copa, nos períodos indicados no gráfico 2. Para a avaliação do efeito da idade foliar foram coletadas, no terço superior da copa, folhas novas, maduras e senescentes, diferenciadas no campo pelo aspecto morfológico externo e por informações fenológicas disponíveis. Cedrorana e andiroba são perenifólias, sendo que o tempo de vida das folhas da primeira vai de sete a quatorze meses (ALENCAR et al., 1979). Nesta área, a gmelina e o eucalipto apresentam perda significativa de folhas durante o período mais seco.

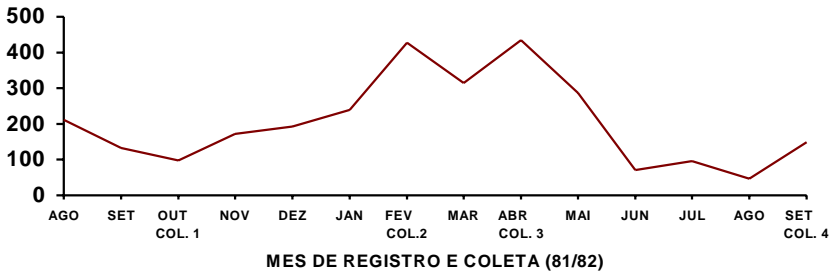


Figura 1: Pluviometria (mm de chuvas mensais) e época de coleta de folhas para a avaliação do efeito

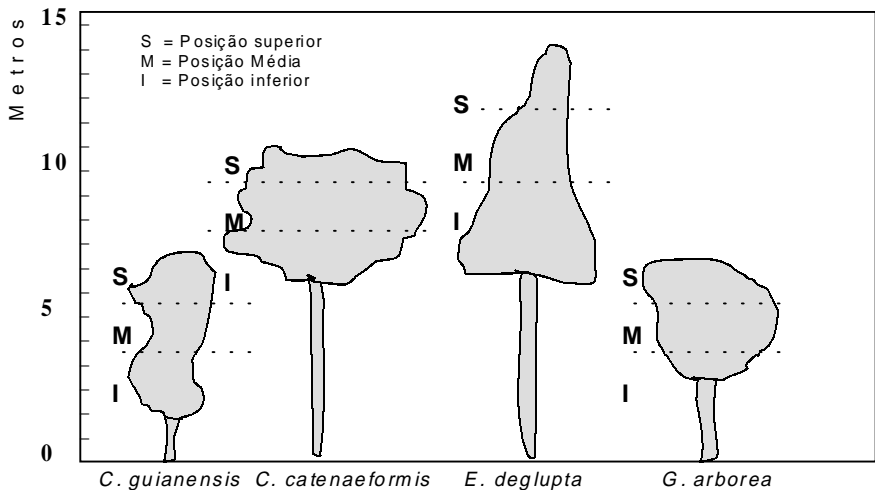


Figura 2: Situações de coleta de folhas para avaliação da amostragem em diferentes posições da copa

s solos das áreas de plantio se encontram caracterizados na Tabela 1. Cedrorana e andiroba estavam em uma área com solo podzólico vermelho amarelo e o eucalipto e a gmelina em latossolo amarelo. Não foi aplicado nenhum tipo de adubação.

As parcelas amostradas não apresentavam sintomas visuais de deficiência nutricional e todas as árvores coletadas tinham um bom desenvolvimento, se comparadas a outras essências nativas e exóticas, plantadas no mesmo tipo de solo.

Por problemas no campo, na análise para as diferentes épocas de coleta, não foram feitas determinações de nitrogênio de todas as espécies, bem como dos bioelementos de gmelina.

s folhas coletadas eram secas em estufa com ventilação forçada, a 60 C, moídas e digeridas em solução nitroperclórica, utilizando blocos digestores (SARRUGE & HAAG, 1974). O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl, em aparelho Buchi 320. Potássio foi determinado por espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer 306. A determinação de enxofre foi com auxílio de espectrofotômetro VARIAN 6345, equipado com cubeta de fluxo Hellma 178-05 e registrador Radiometer-Kopenhagen Rec 61. Os outros elementos foram determinados por espectrofotômetro de emissão atômica com plasma induzido Jarrel-Ash 975.

Os dados obtidos foram submetidos a uma análise de variância, pelo desenho inteiramente casualizado, por espécie e por nutriente. Os que apresentaram diferenças significativas foram submetidos ao teste de comparação de médias de Tukey.

RESULTADOS

Na Tabela 2 são apresentadas as concentrações médias dos nutrientes de folhas coletadas em diferentes alturas da copa. Cedrorana apresenta uma concentração de

nitrogênio maior no terço superior da copa; à medida em que se desce na posição da copa, as concentrações são menores, o que se verifica também para andiroba. O eucalipto e a gmelina não têm a mesma distribuição, com as concentrações de nitrogênio nas posições médias superando as demais. Com relação ao fósforo, as quatro essências apresentam concentrações mais altas no terço superior, sendo menores nas posições mais baixas. O mesmo acontece para o potássio. O cálcio mostra uma distribuição diferente destes, com um aumento de concentração nas posições de copa mais baixas. O magnésio apresenta distribuição semelhante à do cálcio, porém com diferenças menos pronunciadas.

Para o enxofre as espécies apresentam distribuições semelhantes entre si, com tendências a concentrações um pouco maiores nas posições mais baixas da copa. (Tabela 2). Para boro as concentrações são menores, à medida em que se desce na posição da copa de cedrorana e gmelina, vendo-se o inverso para as outras espécies. O elemento ferro mantém uma distribuição semelhante ao cálcio, com exceções em *Gmelina arborea*. O manganês apresenta faixas de concentrações distintas entre as espécies. Enquanto andiroba não chega a 10mg/ kg o eucalipto atinge valores acima de 150mg/ kg. Com exceção da andiroba, todas as espécies apresentam concentrações mais altas de manganês nas partes mais baixas da copa.

A Tabela 3 apresenta as concentrações médias de nutrientes em folhas novas, maduras e senescentes. Para o nitrogênio, fósforo e potássio se observam concentrações menores nas folhas mais velhas. O cálcio e o magnésio apresentam uma distribuição diferente, com concentrações maiores nas folhas mais velhas.

No caso do enxofre (Tabela 3), as espécies nativas apresentam concentrações maiores nas folhas velhas, ao contrário das espécies exóticas estudadas. Para o boro e ferro, todas têm um aumento na concentração de folhas senescentes, excetuando gmelina. Cedrorana e eucalipto apresentam uma maior concentração nas folhas mais velhas, enquanto que nas outras espécies se vêem poucas

Tabela 1. Características dos solos nas áreas de plantio de *Carapa guianensis* e *Cedrelinga catenaeformis* (A1); *Eucalyptus deglupta* e *Gmelina arborea* (A2), na região de Manaus.

Área	Granulometria (%)		Profundidade (cm)	pH	Saturação em bases trocáveis (me%)	Saturação em alumínio (%)	C org. (%)	N total (%)	P assimilável	K Trocável	Ca Trocável	Mg Trocável	
	Argila	Silte											Areia fina
A1	15,9	2,5	15,4	66,2	4,1	0,89	73	0,90	0,17	5	21	55	65
	25,8	2,3	16,5	55,4	4,4	0,59	79	0,79	0,11	2	11	29	55
	29,4	2,2	13,8	54,6	4,5	0,64	74	0,61	0,08	2	8	36	56
A2	49,8	3,0	15,2	31,1	4,2	1,17	62	1,34	0,18	3	18	78	87
	55,5	4,4	11,3	28,8	4,3	0,85	64	0,88	0,12	2	14	51	71
	60,0	3,5	10,9	25,6	4,3	0,72	65	0,78	0,10	2	9	40	63

diferenças entre as folhas novas, maduras e senescentes. O zinco apresentou concentrações menores em folhas mais velhas.

D I S C U S S Ã O

No que se refere à posição da copa em que são tomadas as amostras, os padrões de distribuição, observados no presente trabalho, se assemelham aos relatados por diversos

autores (BOLLE-JONES & RATNASINGAM, 1954; GARBAYE, 1972; EVANS, 1979; VAN DEN DRIESSCHE, 1974; SABATÉ et al 1995). Estes têm sido explicados pelo efeito da luminosidade, da capacidade fotossintética, pela presença de fitohormônios e/ou pela distância entre as folhas analisadas e a região de crescimento (EVANS,1979; VAN DEN DRIESSCHE,1974; SABATÉ et al, 1995).

Com relação às concentrações encontradas em folhas de diferentes idades fisiológicas, os

Tabela 2 . Concentração média de nutrientes em folhas de espécies florestais na região de Manaus. Variação de acordo com a altura da coleta, na copa.

ESPÉCIE	Altura da coleta(*)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Zn	Mn
		%									Mg/kg
<i>Carapa guianensis</i>	S	2,02	0,11a	0,54a	0,32a	0,21a	0,28	45	34a	14	3
	M	1,78	0,08b	0,38b	0,43a	0,25b	0,23	51	69b	14	2
	I	1,63	0,07b	0,27c	0,63b	0,25b	0,32	59	93c	14	2
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	S	3,13	0,11	0,63	0,43a	0,31	0,14	47	66	24	105a
	M	2,92	0,10	0,58	0,55a	0,31	0,13	47	86	22	111a
	I	2,66	0,10	0,65	0,76b	0,40	0,17	44	105	23	145b
<i>Eucalyptus deglupta</i>	S	1,37	0,07	0,73a	0,37	0,32	0,12	40	66	14	116
	M	1,62	0,06	0,51b	0,37	0,32	0,10	42	87	13	166
	I	1,58	0,07	0,52b	0,44	0,38	0,09	45	85	10	175
<i>Gmelina arborea</i>	S	1,90	0,13	0,85a	0,36a	0,34	0,11	46	62	9	28
	M	2,04	0,09	0,65b	0,46b	0,30	0,11	24	54	11	37
	I	1,75	0,10	0,63b	0,48b	0,31	0,14	37	62	10	31

(*) S- terço superior da copa; M - terço médio da copa; I - terço inferior da copa; As letras minúsculas indicam diferenças significativas, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade , para cada espécie. A ausência destas letras indica que a análise de variância não detectou diferença a este nível.

elementos de maior mobilidade, como nitrogênio, fósforo e potássio tendem a diminuir de concentração à medida em que ocorre o envelhecimento das folhas, conforme observado para coníferas e folhosas (VAN DEN DRIESSCHE, 1974; REISSMANN, 1976; EVANS, 1979; CHAPIN III et al., 1980; FIFE & NAMBIAR, 1987). Em sentido oposto, o cálcio e o ferro apresentaram uma maior concentração em folhas mais velhas.

Estas informações devem ser também

discutidas em relação à ciclagem interna de nutrientes destas árvores. Os elementos considerados mais móveis apresentam uma retranslocação que, de acordo com MILLER et al.(1979), citados por FIFE & NAMBIAR (1987), pode funcionar como uma segunda fonte para o novo crescimento de cada ano, complementando ou até substituindo a absorção do solo. CHAPIN III et al.(1980) observam que esta retranslocação em ambientes naturais ocorre nas estações em que a absorção no solo é mais difícil.

Tabela 3: Concentração média de nutrientes em folhas de espécies florestais na região de Manaus. Variação de acordo com a idade foliar.

ESPÉCIE	Idade foliar(*)	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Zn	Mn
				%							Mg / kg
<i>Carapa guianensis</i>	N	1,67	0,11a	0,69a	0,21a	0,17a	0,17	16a	13a	19	2
	M	1,97	0,10ab	0,43ab	0,42ab	0,42b	0,22	47ab	50ab	15	4
	S	1,73	0,07b	0,31b	0,53b	0,23b	0,24	65b	87b	13	2
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	N	3,13	0,17a	1,16a	0,12a	0,15a	0,14	21a	38a	28	29a
	M	3,11	0,10b	0,51b	0,49b	0,34b	0,15	47ab	53ab	22	97a
	S	2,65	0,10b	0,42b	0,57b	0,38b	0,20	65b	88b	21	137b
<i>Eucalyptus deglupta</i>	N	1,88a	0,15a	1,19a	0,27a	0,28	0,09	30	47a	18	69a
	M	1,65ab	0,07b	0,71b	0,35ab	0,32	0,07	41	68ab	13	111a
	S	1,22b	0,05c	0,51b	0,43b	0,38	0,06	50	86b	12	164b
<i>Gmelina arborea</i>	N	1,97	0,09	0,75	0,35	0,49a	0,11	61	61	11	35
	M	1,63	0,08	0,70	0,40	0,34b	0,13	47	65	11	28
	S	1,71	0,07	0,65	0,41	0,33b	0,06	43	51	8	27

(*) N- folhas novas; M - folhas maduras; S - folhas senescentes; As letras minúsculas indicam diferenças significativas, pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade , para cada espécie. A ausência destas letras indica que a análise de variância não detectou diferença a este nível.

Floresta e Ambiente

Os resultados de cedrorana, por outro lado, indicam que outros fatores devem estar envolvidos. Esta leguminosa aparentemente não sofre restrições para a obtenção de N (se associa a bactérias fixadoras de nitrogênio), mas apresenta também teores menores deste nutriente em folhas velhas. Neste mesmo sentido, PROE & MILLARD (1995) observam que a quantidade de P remobilizado para o novo crescimento de *Picea sitchensis* não parece afetar a obtenção deste nutriente a partir do solo.

A abscisão de folhas parece gerar perdas

relativamente maiores de cálcio para a planta e o ingresso de material com maiores concentrações na serapilheira. O cálcio faz parte do plasmalema e ocorre como componente estrutural dentro da parede celular; tem baixa mobilidade fisiológica e tende a uma perda maior com a queda de folhas (BELL & WARD, 1984).

A deposição de folhas tem sido comparada a uma adubação natural em ecossistemas florestais (HAAG et al., 1978; LAS SALAS, 1983; NOVAIS & POGGIANI, 1983). Para as essências do presente estudo, esta deposição

Tabela 4. Concentração média de nutrientes em folhas de espécies florestais na região de Manaus. Variação de acordo com a época de coleta.

ESPÉCIE	Época de coleta(*)	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Zn	Mn		
											%	Mg / kg
<i>Carapa guianensis</i>	I	0,12a	0,60a	0,66	0,25	0,22	55	60	13	14		
	II	0,09b	0,44ab	0,79	0,23	0,24	78	61	15	20		
	III	0,09b	0,41ab	0,69	0,22	0,25	80	83	18	12		
	IV	0,06c	0,30b	0,96	0,25	0,18	68	nd	16	15		
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	I	0,15	0,77	0,39a	0,23a	0,20	65ab	80	19	52a		
	II	0,15	0,67	0,40a	0,26a	0,26	53a	91	23	55a		
	III	0,13	0,54	0,90b	0,42b	0,20	87b	99	21	122b		
	IV	0,14	0,81	0,31a	0,23a	0,19	37a	nd	19	48a		
<i>Eucalyptus deglupta</i>	I	0,08	0,88	0,32	0,26	0,15	42	73	13	132		
	II	0,06	0,65	0,49	0,32	0,10	43	70	13	186		
	III	0,07	0,70	0,47	0,34	0,09	46	74	16	189		
	IV	0,07	0,80	0,38	0,30	0,21	35	96	12	133		

(*) I- outubro de 1981; II- fevereiro de 82; III- abril de 82; e IV- setembro de 82; As letras minúsculas indicam diferenças significativas, pelo Teste de Tukei, ao nível de 5% de probabilidade, para cada espécie. A ausência destas letras indica que a análise de variância não detectou diferença a este nível.

pode ser relevante no retorno de nutrientes ao solo, já que a gmelina é caducifolia (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, 1980), *E. deglupta* apresenta uma queda pronunciada de folhas no período seco e as essências nativas mostram também uma queda de folhas que, no caso de andiroba, chega a acumular no piso.

Do ponto de vista nutricional, a distribuição do cálcio merece atenção, principalmente em sítios onde a disponibilidade deste nutriente é muito baixa. Além da baixa mobilidade no floema, a sua adsorção nos vasos dificulta a ascensão pelo xilema, o que foi observado para algumas espécies (DAMBRINE et al, 1995). A perda deste bioelemento através da queda de folhas, em uma ciclagem mais "aberta" do que as que são retranslocados, aumenta a demanda contínua de suprimento, podendo criar uma deficiência "localizada" mas de relevância. Dependendo do ritmo fenológico, da absorção e velocidade de transporte, o fornecimento de cálcio poderia estar atendendo apenas às regiões da planta mais próximas da fonte. Isto poderia explicar os resultados de MAGALHÃES et al (1986-1987a) e MAGALHÃES et al (1986-1987b), que estudando as relações entre o crescimento destas essências e as características edáficas, observou as maiores correlações com os teores de cálcio e bases trocáveis.

Para os padrões relatados com outros nutrientes, os resultados obtidos não apresentaram diferenças tão claras. Bo, Fe e Mn mostraram concentrações maiores nas folhas velhas, o que indica pouca mobilidade e um padrão semelhante ao do Ca, embora neste caso a gmelina seja exceção. O Zn mostrou uma diminuição das concentrações em folhas velhas de todas as essências, indicando maior mobilidade.

Os elementos considerados mais móveis, como o fósforo e o potássio apresentaram teores em geral mais baixos na estação de chuvas, quando se dá o maior crescimento, o que está de acordo com o relatado por VAN DEN DRIESSCHE (1974). O cálcio e o magnésio apresentaram concentrações maiores nesta estação, também de acordo com estes relatos. Andiroba foi uma exceção que

deve ser melhor estudada.

Com vistas à padronização de amostragem para o uso da diagnose foliar, estes dados mostraram que, dependendo do critério de coleta, os valores obtidos na análise podem mostrar diferenças de até o dobro de concentração. Considerando estes resultados, deveriam ser tomadas, se possível, amostras em separado para a determinação de nutrientes móveis e pouco móveis, possibilitando uma maior sensibilidade na sua interpretação.

Alguns valores encontrados devem ser mencionados, como as concentrações muito baixas de manganês em folhas de *C. guianensis*, na faixa de 4 mg/kg, que foram inferiores aos níveis considerados de deficiência para espécies florestais (OLIVEIRA & MACHADO, 1982) e que se diferenciam fortemente das outras espécies deste trabalho.

Os teores observados nas folhas de gmelina estão de acordo com os descritos por EVANS (1979), para esta mesma espécie, com exceção de potássio e cálcio, que têm concentrações menores do que as detectadas naquele estudo.

L I T E R A T U R A C I T A D A

- ALENCAR, J. C., ALMEIDA, R. A., FERNANDES, N. P. Fenologia de espécies florestais em floresta tropical úmida de terra-firme na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v. 9, n. 1, p.163-198, 1979.
- BELL, D. T. & WARD, S. C. Foliar and twig micronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in selected species of *Eucalyptus* used in rehabilitation: sources of variation. *Plant and Soil*. n. 81, p.363-376, 1984.
- BOLLE-JONES, E. W. & RATNASINGAM, K. Nutrition of *Hevea brasiliensis*. Interclonal and seasonal variation in composition of leaves. *J. Rubber Res. Inst. Malaya*. n.14, p.257-275, 1954.

- CHAPIN III, F. S., JOHNSON, D. A., MCKENDRICK, J. D. Seasonal movement of nutrients in plants of differing growth form in an Alaskan Tundra Ecosystem: Implications for herbivory. *Journal of Ecology*. n. 68, p.189-209, 1980.
- COMERFORD, N. B. Distributional gradients and variability of macroelement concentrations in the crowns of plantation grown *Pinus resinosa* (Ait). *Plant and Soil*. n. 63, p.345-353, 1981.
- DAMBRINE, E.; MARTIN, F.; CARISEY, N.; & GRANIER, A. Xylem sap composition: A tool for investigating mineral uptake and cycling in adult spruce. *Plant and Soil*, n.168/169, p.233-241, 1995.
- EVANS, J. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of *Gmelina arborea*. *Plant and Soil*. n. 52, p.547-552, 1979.
- FALADE, J.A. Root distribution of cocoa (*Theobroma cacao* L.) as influenced by nitrogen fertilizer. *Turrialba*. v. 27, n. 3, p.267-271, 1977.
- FASSBENDER, H.W. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In: Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Edt. Rosand, P.C. CEPLAC., Ilhéus. p.202-230, 1985.
- FIFE, D.N. & NAMBIAR, E.K.S. Accumulation and retranslocation of Mineral Nutrients in Developing Needles in Relation to Seasonal Growth of Young Radiata Pine Trees. *Annals of Botany*. n. 50, p.817-829, 1987.
- GARBAYE, J. Influence de la date et de la hauteur du prélèvement sur les résultats de l'analyse foliaire chez deux classes de peuplier. *An. Sci Forest*. v. 29, n. 4, p.451-463, 1972.
- HAAG, H. P., ROCHA FILHO, J. V. C., OLIVEIRA, G. D. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*. II. Contribuição das espécies de nutrientes na manta. *O Solo*. v. 70, n. 2, p.28-31, 1978.
- LAS SALAS, G. Aspectos sobre la reforestacion y el balance nutricional del sitio en los trópicos. Simpósio IUFRO/MAB sobre o papel das plantações florestais como fonte de energia. Univ. Fed. de Viçosa. 21p. datilografado. Viçosa, 1983.
- MAGALHÃES, L. M. S., BLUM, W. E. H., FERNANDES, N. P. Características edáfico-nutricionais de plantios florestais na região de Manaus. 1. Crescimento de *Eucalyptus deglupta* Blume em solos de diferentes texturas. *Acta Amazônica*, v.16/17, n. único, p.509-522, 1986/87a.
- MAGALHÃES, L.M.S., BLUM, W.E.H., FERNANDES, N.P. Características edáfico-nutricionais de plantios florestais na região de Manaus. 2. Crescimento de *Carapa guianensis* Aubl. em solos de diferentes texturas. *Acta Amazônica*, v.16/17, n. único, p.523-537, 1986/87b.
- MORISON, I.K. Effect of crown position on foliar concentration of 11 elements in *Acer saccharum* and *Betula alleghaniensis* trees on a till soil. *Can. J. For. Res.*, n.15, p.179-183, 1985.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. Firewood crops. Shrub and tree species for Energy Production. v.1/2. NAS. Washington D. C., 1980.
- NILSSON, L.O., HUTTL, R. F., JOHANSSON, U. T., JOCHHEIM, H. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems- present status and future research directions. *Plant and soil* n.168/169, p.5-13, 1995.
- NOVAIS, R. F. F. & POGGIANI, F. Deposição de folhas e nutrientes em plantações florestais puras e consorciadas de *Pinus* e *Liquidambar*. *Revista IPEF*, n. 23, p.57-60, 1983.
- OLIVEIRA, S. A. & MACHADO, J. W. B. Avaliação do estado nutricional de espécies nativas do cerrado na área do Distrito Federal. *Brasil Florestal*. Boletim Técnico

7. p.15-26. Brasília.1982.
- PROE, M. F. & MILLARD, P. Effect of P supply upon seasonal growth and internal cycling of P in Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) seedlings. *Plant and Soil*, n.168/169, p.313-317, 1995.
- REISSMANN, C.B., HILDEBRAND, E.E., BLUM, W.E.H., BURGER, L.M. Metodologia da amostragem e análise das acículas da *Araucaria argustifolia* Bert. O. Ktze. *Revista Floresta*. v.7, n.1, p.5-12, 1976.
- RIBEIRO, M. N.G. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazônica*, v. 6, n. 2, p.229-233, 1976.
- SABATÉ, S., SALA, A., GRACIA, C. A. Nutrient content in *Quercus illex* canopies: Seasonal and spatial variation within a catchment. *Plant and Soil*, v.168/169, p.297-304, 1995.
- SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. Análises químicas em plantas. Departamento de Química, E. S. A. Luiz de Queiroz. USP. 56p., Piracicaba, 1974.
- TAMM, C. O. Towards an understanding of the relations between tree nutrition, nutrient cycling and environment *Plant and Soil*, n.168/169, p.21-27, 1995
- VAN DEN DRIESSCHE, R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. *The botanical review*. v.40, n. 3, p.347-394, 1974.
- WYTTENBACH, A, SCHLEPPI, P, TOBLER, L., BUCHER, J. 1995. Concentration of nutritional and trace elements in needles of Norway Spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) as function of the needle age class. *Plant and Soil*, n.168/169, p.305-302.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos funcionários da EEST-INPA e em especial a Antonio Carlos, sempre presente.