

# LIMITAÇÕES NUTRICIONAIS AO CRESCIMENTO INICIAL DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO<sup>1</sup>

NILTON BRAGA RENÓ<sup>2</sup>, JOSÉ OSWALDO SIQUEIRA, NILTON CURTI e FABIANO RIBEIRO DO VALE<sup>3</sup>

**RESUMO** - Avaliaram-se, pela técnica de “diagnose por subtração”, os requerimentos e limitações nutricionais das espécies arbóreas nativas canafistula [*Senna multijuga* (L.C. Rich) Irwin & Barneby], cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Martius ex Tul. var. *leiostachya* Benth) e jacaré [*Piptadenia gonoacantha* (Martius) MacBride] em um Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média, fase cerrado, dos Campos das Vertentes, MG. O estudo foi conduzido por 170 dias, em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, MG. Os tratamentos consistiram de testemunha sem adição de nutrientes, adubação completa com macronutrientes e micronutrientes (C), e adubação com omissão individual de cada um dos macronutrientes e micronutrientes do tratamento (C). Verificou-se elevada resposta das espécies à adubação completa. A produção de matéria seca de canafistula, cedro, pau-ferro e jacaré neste tratamento, foi aumentada, respectivamente, 67, 17, 82 e 8 vezes em relação à da testemunha. A omissão de N, P ou S do tratamento (C) resultou em grande redução no crescimento das espécies estudadas, evidenciando as exigências destas e as limitações do solo em fornecer estes nutrientes. Apesar da baixa disponibilidade de K no solo (15 µg/g solo), sua omissão não restringiu o crescimento de nenhuma espécie. Apenas o pau-ferro teve seu crescimento reduzido pela omissão de micronutrientes. O crescimento destas espécies no solo estudado só será possível se o solo for adequadamente adubado com N, P e S.

Termos para indexação: solos, nutrição vegetal, essências nativas, adubação, diagnose por subtração.

## NUTRITIONAL LIMITATIONS FOR INITIAL GROWTH OF FOUR NATIVE WOODY SPECIES IN A RED-YELLOW LATOSOL

**ABSTRACT** - Through the “missing element” technique, the nutritional requirements and limitations of the native woody species, canafistula [*Senna multijuga* (L.C. Rich) Irwin & Barneby], cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Martius ex Tul. var. *leiostachya* Benth) and jacaré [*Piptadenia gonoacantha* (Martius) MacBride] were evaluated in a medium texture, cerrado phase, Red-Yellow Latosol (Oxisol) from Campos das Vertentes, MG, Brazil. This study was conducted during 170 days under greenhouse conditions at the Soil Science Department of the Federal University of Lavras, MG, Brazil. The treatments consisted of the control without addition of nutrients, complete fertilization with macronutrients and micronutrients (C) and omission of nutrients of the (C) treatment. A high response of the species to complete fertilization was observed. The dry matter production of canafistula, cedro, pau-ferro and jacaré was increased in 67, 17, 82 and 8 fold, respectively, over the non-fertilized control. The omission of N, P or S from the (C) treatment resulted in great reduction of growth for the studied species, evidencing their requirement and soil limitations. In spite of the low K availability in the soil (15 µg/g of soil), its omission did not reduce plant growth. Pau-ferro had its growth reduced by omission of micronutrients. The growth of these species in the studied soil will be possible only if adequate N, P, and S fertilizers are supplied.

Index terms: soils, plant nutrition, woody species, fertilization, missing element technique.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 6 de setembro de 1996.

Extraído da Dissertação apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal de Lavras. Trabalho parcialmente financiado pela CEMIG.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., Dep. de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG. Bolsista da CAPES.

<sup>3</sup> Eng. Agr., Ph.D., Prof. Titular, Dep. de Ciência do Solo, UFLA. Bolsista do CNPq.

## INTRODUÇÃO

É cada vez maior a necessidade de uma conscientização para dar maior atenção a estudos de crescimento de espécies florestais nativas. Na revegetação de áreas em solos marginais, devem ser plantadas espécies adaptáveis às condições edáficas dominantes. Para isto, é necessário o conhecimento

das limitações do solo e das exigências nutricionais das espécies a serem plantadas (Sanginga et al., 1991). O pau-ferro, o jacaré, a canafistula e o cedro são espécies nativas nas matas remanescentes do sudeste brasileiro e são consideradas promissoras para programas de recomposição da flora (Carvalho, 1992; Lorenzi, 1992; Oliveira Filho et al., 1995).

O pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Martius ex Tul. var. *leiostachya* Benthams), classificado como secundária a clímax, é uma árvore caducifólia a semi-caducifólia, que ocorre naturalmente entre os Estados do Ceará e São Paulo. O jacaré [*Piptadenia gonoacantha* (Martius) MacBride] é uma espécie pioneira a secundária inicial, pertencente à família Mimosaceae. A árvore é semi-caducifólia a caducifólia, de crescimento moderado a rápido, que ocorre naturalmente entre os Estados da Bahia e Santa Catarina. A canafistula [*Senna multijuga* (L.C. Rich) Irwin & Barneby], da família Caesalpinaceae, é uma espécie pioneira de grande agressividade. A árvore é caducifólia, de ocorrência natural na mesma área da canafistula. O cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo), da família Meliaceae, é uma espécie secundária a clímax. A árvore também é caducifólia, ocorrendo naturalmente do Pará ao Rio Grande do Sul.

Uma das principais limitações para a utilização destas espécies em plantios comerciais ou em programas de recomposição florística é a carência de conhecimentos sobre suas exigências nutricionais e fisiológicas. Evidências indicam que o crescimento de muitas espécies florestais tropicais está limitado por restrições nutricionais do solo (Mohan et al., 1990; Dias et al., 1991; Sanginga et al., 1991), as quais podem ser avaliadas pela técnica da "diagnose por subtração" (Malavolta, 1980; Sanchez, 1981).

Em Minas Gerais, como em várias outras regiões do Brasil, existe a necessidade premente de recomposição da flora, visando à conservação ambiental. A região dos Campos das Vertentes, MG, atualmente encontra-se em avançado grau de deterioração ambiental, causado pelo desmatamento, mau uso da terra, e construção de barragem de hidroelétrica (Carniel et al., 1994). Ela é dominada por solos de baixa fertilidade natural (Brasil, 1962, 1983), os quais apresentam severas limitações nutricionais para espécies nativas, o que limita o sucesso de pla-

nos de revegetação, se adubação correta não for aplicada.

Neste trabalho, foram estudadas, em casa de vegetação, as limitações nutricionais e as respostas da canafistula, do cedro, do pau-ferro e do jacaré ao uso de nutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos, pela técnica de "diagnose por subtração", ensaios em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, no período de março a setembro de 1992. Utilizou-se um Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média, fase cerrado, coletado na camada de 20-40 cm de profundidade. Este solo, uma vez secado, foi peneirado, apresentando 7 g.kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica, 0,1 cmol.kg<sup>-1</sup> de Al<sup>3+</sup>, 670 g.kg<sup>-1</sup> de areia, 100 g.kg<sup>-1</sup> de silte e 230 g.kg<sup>-1</sup> de argila. Neste experimento foram estudadas as limitações nutricionais deste solo no tocante ao crescimento inicial da canafistula [*Senna multijuga* (L.C. Rich) Irwin & Barneby], cedro (*Cedrela fissilis* Vellozo), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Martius ex Tul. var. *leiostachya* Benthams) e jacaré [*Piptadenia gonoacantha* (Martius) MacBride].

O experimento constou de nove tratamentos por espécie, conforme Tabela 1, sendo: 1) testemunha sem adição de nutrientes (T); 2) adubação completa com N, P, K, Ca, Mg, S e micronutrientes (C); 3) C menos nitrogênio (-N); 4) C menos fósforo (-P); 5) C menos potássio (-K); 6) C menos cálcio (-Ca); 7) C menos magnésio (-Mg); 8) C menos enxofre (-S); 9) C menos micronutrientes (-Mi). Todos os nutrientes foram aplicados na forma de reagentes p.a., misturados totalmente ao volume do solo, correspondentes a cada tratamento (Tabela 1), sendo dispostos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições, perfazendo 45 parcelas por ensaio. As parcelas constituíram-se de um vaso de plástico cada uma, contendo 6 kg de solo e três plantas.

Após a completa mistura e incubação do solo úmido por três dias com os tratamentos, foram coletadas amostras para avaliação da fertilidade (Tabela 2); o pH foi determinado em água por potenciometria; Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1N, e analisados por titulometria; P e K extraídos pelo método Mehlich-1 e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (Vettori, 1969); e S por turbidimetria (Blanchar et al., 1965).

Para o plantio das espécies, as sementes foram submetidas à quebra de dormência e pré-germinadas em papel de filtro, em germinador com temperatura controlada em 25°C, e no décimo dia, foram repicadas para vasos

TABELA 1. Fontes de nutrientes e quantidades de sais utilizados na composição dos tratamentos.

Tratamento	Símbolo	Fonte e quantidade de sal (mg/kg de solo)
Testemunha	(T)	
Completo	(C)	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> = 143; Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O = 488; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 175; MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 205; FTE BR-12 = 150 <sup>1</sup>
C-menos nitrogênio	-N	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O = 488; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 175; MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 205; FTE BR-12 = 150
C-menos fósforo	-P	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O = 421; K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 112; MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 205; FTE BR-12 = 150
C-menos potássio	-K	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> = 143; Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O = 488; NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 178; MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 205; FTE BR-12 = 150
C-menos cálcio	-Ca	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> = 54; NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 259; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 175; MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 205; FTE BR-12 = 150
C-menos magnésio	-Mg	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 111; NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> = 77; Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O = 488; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 175; FTE BR-12 = 150
C-menos enxofre	-S	Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> = 123; NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> = 77; Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O = 488; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 175; FTE BR-12 = 150
C-menos micronut.	-Mi	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> = 143; Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O = 48; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> = 175; MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O = 205

<sup>1</sup> FTE BR-12 fornecendo 13,50 mg Zn, 2,70 mg B, 1,20 mg Cu, 4,50 mg Fe, 3,00 mg Mn e 0,15 mg Mo, em todos os tratamentos, exceto no -Mi.

TABELA 2. Características químicas do solo após a aplicação dos tratamentos.

Parâmetro	Tratamento								
	(T)	(C)	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Mi
pH (H <sub>2</sub> O)	5,4	5,7	5,8	4,9	5,8	6,2	5,8	5,3	5,6
P (µg/g solo)	1	25	20	2	25	25	22	26	25
K (µg/g solo)	15	56	57	48	14	62	47	58	57
S (µg/g solo)	1	17	13	17	15	17	12	1	15
Ca (cmol.kg <sup>-1</sup> )	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Mg (cmol.kg <sup>-1</sup> )	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
Zn (µg/g solo)	0,6	9,0	6,1	7,4	8,2	9,2	8,1	8,0	0,7
Cu (µg/g solo)	0,8	2,2	1,7	1,5	1,4	1,4	1,9	1,6	1,0
Fe (µg/g solo)	16,0	12,1	13,2	17,2	13,7	14,6	15,3	13,6	12,3
Mn (µg/g solo)	2,0	3,0	2,6	2,9	2,7	2,6	2,6	2,7	2,0

contendo o solo e os tratamentos. Durante o experimento, a umidade do solo foi mantida em 60% do valor total de poros, aferido através de pesagens periódicas, completando-se o peso com água desmineralizada diariamente. Durante o período experimental, aplicaram-se 86 µg de N/g de solo, na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, e 25 µg de K/g solo e 10 µg de S/g de solo, na forma de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, em adubações de cobertura em todos os tratamentos, excetuando-se os tratamentos -N e -K, respectivamente.

Os ensaios tiveram duração de 170 dias a partir do transplante. Ao final, avaliaram-se a altura das plantas, o peso da matéria seca da parte aérea e raízes, e os teores de nutrientes da parte aérea. O N foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl (Liao, 1981); a destilação e titulação foram feitas segundo Bremner & Edwards (1965). No extrato obtido por digestão nitroperclórica, segundo Zarosky & Burau (1977), foram dosados os teores de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção

atômica. O P foi determinado por colorimetria, o K, por fotometria de chama, o S total, por turbidimetria (Blanchar et al., 1965), e o B, pelo método colorimétrico da curcumi-na.

Os resultados foram submetidos às análises de variância, sendo o tratamento de cada espécie analisado separadamente, utilizando-se o programa estatístico SANEST (Zonta et al., 1984).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Crescimento das plantas

Os resultados referentes ao crescimento em altura e à produção de matéria seca das espécies estudadas encontram-se na Tabela 3. Verifica-se que a aplicação balanceada de nutrientes aumenta o

TABELA 3. Análise do crescimento em altura e produção de matéria seca (M.S.)<sup>1</sup>.

Parâmetro	Tratamento								
	(T)	(C)	-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	-Mi
	<b>Canafistula</b>								
Altura (cm)	4,9d	35,8a	9,2c	6,6cd	33,9a	27,0b	34,0a	7,4cd	33,5a
M.S. de parte aérea (g)	0,11d	7,43ab	0,68d	0,13d	8,06ab	5,18c	6,56bc	0,33d	8,97a
M.S. de raízes (g)	0,02c	3,70a	0,49c	0,08c	3,33a	1,74b	2,34b	0,07c	3,87a
Relação R/PA <sup>2</sup>	0,20b	0,50ab	0,72ab	1,16a	0,42ab	0,32b	0,36b	0,18b	0,44ab
	<b>Cedro</b>								
Altura (cm)	4,6d	14,4a	8,6bc	7,3bcd	14,9a	10,1b	10,2b	6,8cd	13,6a
M.S. de parte aérea (g)	0,11d	1,87ab	0,80cd	0,18d	2,34a	0,81cd	0,88bcd	0,23d	1,61abc
M.S. de raízes (g)	0,13c	1,40ab	1,06bc	0,16c	2,20a	0,60bc	0,41bc	0,20c	1,09bc
Relação R/PA	1,12ab	0,75bc	1,36a	0,88abc	0,98abc	0,77bc	0,47c	0,92abc	0,70bc
	<b>Pau-ferro</b>								
Altura (cm)	6,2d	51,3a	18,5cd	18,8c	58,0a	54,4a	37,7b	7,0cd	35,4b
M.S. de parte aérea (g)	0,09c	7,44ab	0,74c	0,35c	8,72a	7,66a	3,20b	0,09c	3,79b
M.S. de raízes (g)	0,05g	2,88b	0,83ef	0,30fg	3,69a	2,38bc	1,38de	0,05fg	1,62cd
Relação R/PA	0,53c	0,39cd	1,12a	0,85b	0,43cd	0,31d	0,45cd	0,59c	0,44cd
	<b>Jacaré</b>								
Altura (cm)	5,9e	29,5bc	8,9de	7,9c	42,7a	20,1cd	40,2ab	7,3e	39,4ab
M.S. de parte aérea (g)	0,32d	2,67bc	0,50d	0,10d	7,15a	1,63cd	4,82b	0,38d	4,57b
M.S. de raízes (g)	0,18d	0,41bc	0,67cd	0,15d	2,51a	0,82cd	2,12ab	0,40d	2,44a
Relação R/PA	0,57c	0,53c	1,33ab	1,46a	0,35c	0,51c	0,47c	1,10b	0,54c

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> R/PA = Relação raiz/parte aérea.

desenvolvimento inicial de todas as espécies em relação à testemunha. A omissão de N, P e S reduziu severamente o crescimento das quatro espécies, o que indica o seu alto requerimento destes nutrientes. Resultados semelhantes são relatados em estudos com espécies arbóreas em condições diversas (Simão & Couto, 1973; Mohan et al., 1990). A omissão de K não reduziu o crescimento das espécies. Isto pode estar relacionado à presença de mica, mineral supridor de K neste solo (difratogramas de raios X não mostrados), em consonância com os trabalhos de Arkcoll (1984) e Arkcoll et al. (1985). Essa falta de resposta de espécies arbóreas ao K foi também relatada por Dias et al. (1991) e Batista & Couto (1992).

As respostas às omissões de Ca, Mg e micronutrientes na adubação de plantio variaram com as espécies estudadas (Tabela 3). A baixa disponibilidade de Ca foi limitante ao crescimento do cedro e da canafistula, não influenciou o crescimento

do pau-ferro, e teve pouca influência no crescimento do jacaré, em relação ao tratamento completo. A omissão de Ca, apesar de ter afetado pouco o crescimento do jacaré em relação ao tratamento (C), causou uma sensível redução no seu crescimento em relação ao tratamento -K. A omissão de Mg foi restritiva ao crescimento do pau-ferro e do cedro, e não afetou o crescimento do jacaré e da canafistula. São escassos os estudos com estes nutrientes em espécies nativas. Batista & Couto (1992) verificaram que a disponibilidade de Ca e Mg correlacionou-se negativamente com as características biométricas de espécies no cerrado. A espécie *Acacia mangium*, segundo Dias et al. (1991), também apresentou baixa exigência de Ca e Mg.

A omissão dos micronutrientes só reduziu o crescimento do pau-ferro, e não afetou as demais espécies (Tabela 3). No caso do jacaré, o tratamento -Mi apresentou comportamento semelhante ao dos tratamentos com a supressão de K e Mg. Embora

correlações positivas entre a disponibilidade de micronutrientes e parâmetros de desenvolvimento de espécies de cerrado sejam relatadas quanto a B e Zn em *Qualea grandiflora* e *Byrsonima verbascifolia*, B em *Anadenanthera falcata* e *Didymopanax vinosum*, e Mn em *Vochysia tucanorum* (Batista & Couto, 1992), espécies nativas parecem ter baixa exigência destes nutrientes.

A relação entre a produção de matéria seca de raízes e da parte aérea apresentou valores com menor variação em relação aos outros parâmetros de crescimento (Tabela 3). A baixa flexibilidade de ajuste da relação raiz/parte aérea (R/PA), em relação às alterações das condições nutricionais, é conhecida tratando-se de espécies adaptadas a baixa fertilidade, ou de crescimento lento (Chapin III,

1980). Estas espécies geralmente produzem proporcionalmente mais raízes como estratégia para explorar maior volume de solo, compensando, assim, as limitações nutricionais (Russel, 1977; Clarkson, 1985). De fato, a omissão de N e P foi altamente restritiva ao crescimento da parte aérea, afetou em menor grau o crescimento das raízes do cedro, pau-ferro e jacaré, e elevou a relação R/PA.

#### Aspectos nutricionais

Os efeitos dos tratamentos sobre os teores e quantidades acumuladas de nutrientes na parte aérea, no que diz respeito à canafistula, cedro, pau-ferro e jacaré, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 4 a 7.

TABELA 4. Teores e quantidades acumuladas de nutrientes na matéria seca da parte aérea da canafistula<sup>1</sup>.

Nutriente	Tratamento <sup>2</sup>							
	(C)	-N	-P <sup>3</sup>	-K	-Ca	-Mg	-S <sup>3</sup>	-Mi
	<b>Teores</b>							
N (%)	2,40ab	2,16b	2,47	2,51ab	3,23a	2,68ab	4,41	1,92b
P (%)	0,19cd	0,26ab	0,09	0,21c	0,27a	0,22bc	0,51	0,15d
K (%)	1,22bc	1,07cd	1,10	0,41c	1,39ab	1,61a	1,45	0,93d
Ca (%)	0,65bc	0,95ab	0,88	1,04a	0,40c	0,98ab	1,68	1,33a
Mg (%)	0,19c	0,10d	0,17	0,27b	0,34a	0,09d	0,29	0,26b
S (%)	0,08bc	0,05c	0,12	0,11b	0,16a	0,10b	0,10	0,08bc
Fe (µg/g)	110b	68c	204	148b	138b	110b	170	200a
Mn (µg/g)	58bc	36c	86	83ab	75ab	91ab	151	104a
Cu (µg/g)	5c	3c	7	5c	12a	8b	13	5c
Zn (µg/g)	20c	47b	35	29c	65a	26c	53	24c
B (µg/g)	2a	2a	2	2a	3a	3a	3	1b
	<b>Nutrientes acumulados</b>							
N (mg/vaso)	178,9a	14,6b	3,2	203,7ab	163,3a	173,2a	14,5	170,7a
P (mg/vaso)	14,3ab	1,8c	0,1	16,8a	13,7ab	14,1ab	1,7	13,6b
K (mg/vaso)	90,3ab	7,2c	1,4	32,2d	71,2c	104,5a	4,8	81,7bc
Ca (mg/vaso)	48,0cd	6,5c	1,1	84,1b	20,6de	64,8bc	5,5	115,9a
Mg (mg/vaso)	14,2c	6,8e	0,2	21,3ab	17,6bc	6,1d	1,0	23,2a
S (mg/vaso)	5,6a	0,3b	0,2	8,6a	8,3a	6,7a	0,3	6,9a
Fe (µg/vaso)	817bc	47d	27	1204b	710c	732c	56	1777a
Mn (µg/vaso)	433b	24c	11	675ab	403b	598b	50	919a
Cu (µg/vaso)	37b	2c	1	38b	62a	55ab	4	48ab
Zn (µg/vaso)	151b	32c	5	232b	330a	173b	17	201b
B (µg/vaso)	18a	1c	0	20a	14a	20a	1	4b

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> A testemunha não produziu matéria seca suficiente para as análises.

<sup>3</sup> P e S nas repetições dos tratamentos -P e -S foram combinados.

TABELA 5. Teores e quantidades acumuladas de nutrientes na matéria seca da parte aérea no cedro<sup>1</sup>.

Nutriente	Tratamento								
	(T <sup>2</sup> )	(C)	-N	-P <sup>2</sup>	-K	-Ca	-Mg	-S <sup>2</sup>	-Mi
	<b>Teores</b>								
N (%)	3,00	3,20ab	1,00c	3,45	3,04b	3,40ab	3,83a	4,90	3,18ab
P (%)	0,17	0,20ab	0,12c	0,09	0,23ab	0,19b	0,19b	0,27	0,24a
K (%)	2,99	3,00a	1,83b	2,79	0,95c	2,89a	3,01a	3,27	2,91a
Ca (%)	0,63	1,24bc	1,04c	1,01	1,58a	0,43d	1,30abc	2,18	1,45ab
Mg (%)	0,13	0,23b	0,13c	0,18	0,38a	0,34a	0,11c	0,37	0,25b
S (%)	0,06	0,17a	0,08b	0,21	0,16a	0,07b	0,07b	0,04	0,11b
Fe (µg/g)	369	284bc	286bc	392	355a	247c	288bc	480	325ab
Mn (µg/g)	50	69ab	21c	58	52b	74ab	91a	128	79a
Cu (µg/g)	10	12a	6b	15	13a	10a	11a	15	13a
Zn (µg/g)	35	57b	17c	73	52b	79a	76a	100	40b
B (µg/g)	2	3a	3a	2	3a	3a	3a	3	1b
	<b>Nutrientes acumulados</b>								
N (mg/vaso)	3,3	60,4ab	8,1d	6,2	69,5a	27,0cd	34,6bcd	11,0	50,7abc
P (mg/vaso)	0,2	3,8ab	1,0c	0,2	5,4a	1,5bc	1,7bc	0,6	3,9ab
K (mg/vaso)	3,3	55,9a	14,7b	5,0	18,6b	22,9b	27,5b	7,5	46,4a
Ca (mg/vaso)	0,7	23,8ab	8,4cd	1,8	36,2a	3,4d	11,9bcd	5,0	22,7abc
Mg (mg/vaso)	0,1	4,3b	1,0b	0,3	9,3a	2,7b	1,0b	0,8	4,0b
S (mg/vaso)	0,1	3,2a	0,7b	0,4	3,4a	0,6b	0,6b	0,1	1,7b
Fe (µg/vaso)	41	543ab	230b	71	832a	201b	260b	110	529ab
Mn (µg/vaso)	6	128a	17c	10	110a	60bc	79ab	29	127a
Cu (µg/vaso)	1	22a	5c	3	29a	8bc	10bc	4	20ab
Zn (µg/vaso)	4	104ab	13c	13	124a	63bc	67abc	230	59bc
B (µg/vaso)	0	5ab	2bc	0	7a	2bc	3bc	1	1c

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Repetições foram combinadas para as análises devido à insuficiência da amostra.

Observa-se que os teores mais baixos de macronutrientes, em todas as espécies, estão associados aos tratamentos com a omissão desses elementos. No jacaré (Tabela 7), teores significativamente mais baixos e quantidades acumuladas mais altas de N, K, Ca, Mg e S no tratamento -K parecem resultar de um efeito de diluição decorrente do maior crescimento das plantas (Jarrell & Beverly, 1981).

A mesma tendência foi verificada nesta espécie quanto aos teores e acúmulo de Mg no tratamento -Mi, quanto ao acúmulo de Ca e S no tratamento -Mg, e na canafistula (Tabela 4) quanto aos teores de P nos tratamentos -Mi, (C) e -K. A omissão de N está associada à redução dos teores de Mg e S na canafistula e vários outros nutrientes no cedro (Tabela 5) e no pau-ferro (Tabela 6). Portanto, a defici-

ência de N pode vir acompanhada de outras deficiências nestas espécies.

Na canafistula (Tabela 4), os teores e conteúdos de K foram mais elevados no tratamento -Mg em relação ao tratamento (C). A mesma tendência foi observada no tratamento -Ca, embora não significativa. Na canafistula, teores e conteúdos de Ca no tratamento (C) permaneceram nos mesmos níveis apresentados quando da omissão deste nutriente. Nesta espécie, os maiores teores de Ca e Mg foram observados nos tratamentos -Mi, -K e -Mg, o que indica competição entre estes elementos. Na canafistula, o Ca parece competir mais efetivamente com o Mg, enquanto os micronutrientes aplicados parecem fazê-lo em relação ao Ca. Outro aspecto da inibição competitiva entre Ca e

TABELA 6. Teores e quantidades acumuladas de nutrientes na matéria seca da parte aérea do pau-ferro<sup>1</sup>.

Nutriente	Tratamento								
	(T <sup>2</sup> )	(C)	-N	-P <sup>2</sup>	-K	-Ca	-Mg	-S <sup>2</sup>	-Mi
	<b>Teores</b>								
N (%)	2,50	2,57a	1,00b	2,42	2,47a	1,07b	1,87ab	2,06	2,51a
P (%)	0,39	0,19a	0,17a	0,06	0,14a	0,15a	0,17a	0,58	0,15a
K (%)	0,68	1,07a	0,57b	0,63	0,27c	0,95a	1,02a	0,85	0,98a
Ca (%)	1,71	1,51a	1,41a	0,81	1,29a	0,33b	1,63a	1,34	1,50a
Mg (%)	0,19	0,14b	0,10c	0,13	0,15ab	0,15ab	0,09c	0,28	0,16a
S (%)	0,05	0,09a	0,06ab	0,08	0,06ab	0,05b	0,05b	0,05	0,09a
Fe (µg/g)	272	132ab	95ab	162	130ab	91b	87b	120	155a
Mn (µg/g)	103	139b	98c	132	123bc	138b	183a	37	54d
Cu (µg/g)	9	13a	7b	20	7b	9b	14a	9	7b
Zn (µg/g)	61	215a	71c	159	202b	257a	250a	70	42c
B (µg/g)	-	1c	4a	2	3ab	3b	3ab	-	-
	<b>Nutrientes acumulados</b>								
N (mg/vaso)	2,2	191,1a	7,4c	8,5	200,7a	79,2b	56,6bc	1,8	90,2b
P (mg/vaso)	0,3	14,2a	1,3b	0,2	12,2a	11,4a	5,2b	0,5	5,7b
K (mg/vaso)	0,6	80,3a	4,2c	2,2	22,5bc	72,8a	32,4b	0,8	37,8b
Ca (mg/vaso)	1,5	112,3a	10,4c	2,8	107,8a	24,8bc	52,7b	1,2	56,9b
Mg (mg/vaso)	0,2	10,1a	0,7c	0,4	13,4a	12,1a	2,8bc	0,2	6,2b
S (mg/vaso)	0,1	6,6a	0,5d	0,3	5,4ab	4,3b	1,7cd	0,1	3,3bc
Fe (µg/vaso)	24	986ab	70d	57	1107a	705abc	277cd	11	611bc
Mn (µg/vaso)	9	1031a	73c	46	1054a	1051a	580b	3	198c
Cu (µg/vaso)	1	95a	5c	7	58bc	66b	43cd	1	26d
Zn (µg/vaso)	5	1604a	52c	56	1738a	1979a	808b	6	165c
B (µg/vaso)	-	3d	3d	1	28a	21b	10c	-	-

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Repetições foram combinadas para as análises devido à insuficiência da amostra.

micronutrientes ficou evidenciado por meio do estímulo à absorção de Zn e Cu, decorrente da omissão de Ca da adubação de plantio.

No cedro, a omissão de K aumentou o teor e conteúdo de Ca em comparação ao tratamento (C) (Tabela 5), o que indica também a existência de competição entre eles. Observa-se, ainda, que a omissão de K e Ca aumentou os teores de Mg em relação ao tratamento (C). Verificou-se competição entre os cátions aplicados na adubação completa.

O balanço e as interações entre os nutrientes são complexos e amplamente documentados tratando-se de espécies cultivadas (Marschner, 1986), porém muito pouco estudados nas espécies nativas. Deve-se ressaltar, no entanto, que os efeitos dos tratamentos sobre os teores de certos nutrientes podem resultar de diluição ou concentração, provocada pelo crescimento diferenciado das plantas nos diversos

tratamentos, o que corrobora o que é discutido por Jarrell & Beverly, (1981).

A supressão de micronutrientes na adubação de plantio da canafístula e do cedro não afetou significativamente os teores e conteúdos destes na planta (Tabelas 4 e 5). No cedro, observam-se maiores teores de Zn no tratamento -Mi que nos tratamentos -Ca e -Mg. O pau-ferro foi a espécie que apresentou menores teores de micronutrientes, e a única cujo crescimento foi reduzido pela omissão destes no tratamento (C) (Tabela 3). A redução nos teores de Cu, Zn e B em relação ao tratamento (C) foi também verificada no tratamento -Mi quanto a jacaré (Tabela 7), embora neste tratamento o crescimento das plantas tenha sido superior ao (C) (Tabela 4). Embora níveis adequados destes nutrientes em relação a estas espécies ainda não sejam conhecidos, é provável que eles tenham atingido níveis tóxicos.

TABELA 7. Teores e quantidades acumuladas de nutrientes na matéria seca da parte aérea no jacaré<sup>1</sup>.

Nutriente	Tratamento								
	(T <sup>2</sup> )	(C)	-N	-P <sup>2</sup>	-K	-Ca	-Mg	-S <sup>2</sup>	-Mi
	<b>Teores</b>								
N (%)	3,18	3,01a	1,46c	4,34	2,00bc	3,06a	2,74ab	4,95	3,28a
P (%)	0,05	0,10b	0,15a	0,07	0,12ab	0,12ab	0,11ab	0,17	0,13ab
K (%)	0,63	1,14b	0,65c	0,81	0,37d	1,49a	1,22b	0,50	1,04b
Ca (%)	0,75	1,68b	3,16a	1,46	1,30c	0,72d	1,75b	1,91	1,60bc
Mg (%)	0,13	0,26c	0,42a	0,24	0,25c	0,34b	0,11d	0,24	0,32b
S (%)	0,10	0,11c	0,34a	0,41	0,10c	0,15b	0,12bc	0,07	0,10c
Fe (µg/g)	168	103a	139a	222	151a	144a	140a	183	133a
Mn (µg/g)	99	52b	36b	7	114a	86a	43b	10	48b
Cu (µg/g)	2	9b	3c	13	6bc	16a	9b	12	4c
Zn (µg/g)	17	37bc	55abc	20	33bc	81a	60ab	15	17c
B (µg/g)	1	3b	4a	4	3b	3b	3b	4	1c
	<b>Nutrientes acumulados</b>								
N (mg/vaso)	10,2	77,0bc	7,5c	4,3	143,2a	48,5c	124,9ab	18,8	148,5a
P (mg/vaso)	0,2	2,7cd	0,7d	0,1	8,2a	1,9d	5,2bc	0,6	6,0ab
K (mg/vaso)	2,0	28,8bc	3,3c	0,8	26,0bc	23,9c	57,3a	1,9	47,7ab
Ca (mg/vaso)	2,4	42,9bc	16,1c	1,5	92,1a	11,6c	80,9a	7,2	72,6ab
Mg (mg/vaso)	0,4	6,5b	2,1b	0,2	17,9a	5,4b	4,9b	0,9	14,4a
S (mg/vaso)	0,3	2,8cd	1,7d	0,4	7,3a	2,4cd	5,3ab	0,3	4,5bc
Fe (µg/vaso)	54	269bcd	71d	22	1081a	231cd	703ab	69	599bc
Mn (µg/vaso)	32	130bc	18c	1	801a	137bc	192bc	4	221b
Cu (µg/vaso)	1	22ab	2b	1	40a	26ab	42a	4	18b
Zn (µg/vaso)	5	103a	28a	2	248a	128a	276a	6	79a
B (µg/vaso)	0	8bc	2c	0	17a	5c	14ab	1	3c

<sup>1</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> Repetições foram combinadas para as análises devido à insuficiência da amostra.

## CONCLUSÕES

1. O solo estudado apresenta severa limitação em suprir N, P e S para as quatro espécies estudadas.
2. A disponibilidade de micronutrientes é limitante ao desenvolvimento do pau-ferro.
3. É necessário o fornecimento de nutrientes via fertilização para garantir o desenvolvimento das quatro espécies estudadas em solos como o Latossolo Vermelho-Amarelo, dos Campos das Vertentes, MG.
4. O crescimento inicial da canafístula, cedro e jacaré não é afetado pela omissão de Ca, Mg e K.

## REFERÊNCIAS

- ARKCOLL, D.B. A comparison of some fast growing species suitable for woodlots in the wet tropics. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, s.n., p.61-68, jun. 1984. Edição especial.
- ARKCOLL, D.B.; GOULDING, K.W.T.; HUGHES, I.C. Traces of 2:1 layer-silicate clays in Oxisols from Brazil, and their significance for potassium nutrition. *Journal of Soil Science, Oxford*, v.36, n.1, p.123-128, 1985.
- BLANCHAR, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acid. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.29, p.71-72, 1965.
- BATISTA, E.A.; COUTO, H.T.Z. Influência de fatores químicos do solo sobre o desenvolvimento das espécies florestais mais importantes do cerrado da reserva biológica de Mogi-Guaçu, SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATURAIS, 2., 1992, Curitiba. *Anais...* Curitiba: Embrapa-CNPFF, 1992. p.29-41.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas. *Levantamento*

- de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas. Rio de Janeiro, 1962. 462p. (Boletim, 13).
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto Radambrasil, folhas SF 23/24, Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, 1983. 775p.
- BREMNER, J.M.; EDWARDS, H.P. Determination and isotope ratio analyses of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.29, p.504-597, 1965.
- CARNIEL, T.; VALE, F.R.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. Atividade agrícola e recursos naturais na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/Camargos (MG). Belo Horizonte: CEMIG, 1994. 65p.
- CARVALHO, P.E.R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Curitiba: Embrapa-CNPQ, 1992. 572p.
- CHAPIN III, F.S. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology Systematics*, Palo Alto, v.11, p.233-260, 1980.
- CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES E AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOSTRÓPICOS, 1984, Ilhéus. Anais... Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
- DIAS, L.E.; ALVAREZ, V.H.V.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Willd. 2. Resposta a nitrogênio e potássio. *Revista Árvore*, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, 1991.
- JARRELL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, New York, v.34, p.197-224, 1981.
- LIAO, C.F.H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, v.45, n.5, p.852-855, Sept./Oct. 1981.
- LORENZI, H. Árvores do Brasil: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 220p.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. Orlando: Academic Press, 1986. 649p.
- MOHAN, S.; PRASSAD, K.G.; GUPTA, G.N. Fertilizer response of selected social forestry species under varying soil texture. *Indian Forester*, New Forest, v.3, n.1, p.49-57, 1990.
- OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de matas ciliares do alto e médio Rio Grande. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27p.
- RUSSEL, R.S. Plant root systems: their functions and interaction with the soil. 2.ed. London: McGraw Hill, 1977. 298p.
- SANCHEZ, P. Suelos del trópico: características y manejo. San José: IICA, 1981. 660p.
- SANGINGA, N.; GWAJE, D.; SWIFT, M.J. Nutrient requirements of exotic tree species in Zimbabwe. *Plant and Soil*, The Hague, v.132, n.2, p.197-205, 1991.
- SIMÃO, J.W.; COUTO, H.T.Z. do. Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze cultivado em vaso. IPEF, Piracicaba, v.4, n.7, p.3-40, 1973.
- VETTORI, L. Métodos de análises de solo. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).
- ZAROSKY, R.J.; BURAU, R.G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.8, n.5, p.425-436, 1977.
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JÚNIOR, P. Sistemas de Análise Estatística para Microcomputadores (SANEST). Pelotas: UFPel, Dep. Mat. e Estatística, 1984. 151p.

