



**Universidade de São Paulo**

**Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI**

---

Divisão de Produtividade Agroindustrial e Alimentos -  
CENA/DVPROD

Artigos e Materiais de Revistas Científicas - CENA/DVPROD

---

2012

# Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)

---

SCIENTIA FORESTALIS, PIRACICABA, v. 40, n. 95, pp. 383-392, SEP, 2012  
<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/43088>

*Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo*

Deficiência nutricional em plantas jovens de  
aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi)Nutritional deficiency in young plants  
of *Schinus terebinthifolius* RaddiMarcelo Leandro Feitosa de Andrade<sup>1</sup> e Antonio Enedi Boaretto<sup>2</sup>**Resumo**

A recuperação e a restauração florestal de ecossistemas degradados podem não acontecer das maneiras desejadas se houver carência nutricional ou suprimento inadequado de nutrientes às plantas no estágio inicial de desenvolvimento de espécies florestais nativas. Objetivou-se nesta investigação avaliar os efeitos da deficiência de nutrientes em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). Para isso, induziu-se a sintomatologia de deficiência nutricional, determinaram-se os teores de nutrientes nas folhas e caules, e foi feita a avaliação do efeito da deficiência nutricional na altura, na produção de massa seca e no estoque de carbono do caule em plantas jovens de aroeira-pimenteira. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em blocos ao acaso, com três repetições, totalizando treze tratamentos, empregando a técnica de diagnose por subtração (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Cu, -Fe, -Mn, -Mo, -Zn), sendo que em um dos tratamentos, as plantas foram cultivadas em solução nutritiva com todos nutrientes. Durante o experimento, observou-se que a deficiência nutricional, além de propiciar o aparecimento de sintomas de deficiência que prejudicam o desenvolvimento vegetal, comprometeu também a produção de massa de plantas jovens de aroeira-pimenteira. Estes resultados claramente evidenciam o fato de que projetos de implantação de florestas ou de recuperação e restauração de ecossistemas degradados que utilizem a aroeira-pimenteira, em solos que necessitem de suplementação nutricional, poderão ter seu sucesso comprometido se não houver a complementação nutricional necessária.

**Palavras-chave:** diagnose foliar, espécie nativa brasileira, nutrição mineral, sintomatologia de deficiência, nutrição de plantas

**Abstract**

The recovery and forest restoration of degraded ecosystems may not occur as desired if there is a nutritional deficiency or an inadequate supply of nutrients in the initial phase of development of native forest species. The objective of this investigation was to evaluate the macronutrient and micronutrient deficiency effects on young plants of *Schinus terebinthifolius* Raddi, a Brazilian native species. For that, purpose the nutritional deficiency was induced. The nutrient contents were determined in the leaves and stems, to evaluated the effect of the nutritional deficiency on height, production of dry matter and in the carbon stock of the stem of young plants of *Schinus terebinthifolius* Raddi. The experiment was carried on in the greenhouse using a randomized block design with three replications and thirteen treatments, using the technique of diagnosis by subtraction (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, -B, -Cu, -Fe, -Mn, -Mo, -Zn). In the complete treatment the species was grown in a nutrient solution with all macro and micronutrients. Deficiency symptoms were observed and the effect of nutritional deficiency on dry matter weight of young plants of *Schinus terebinthifolius* Raddi were evaluated. These results clearly indicated that forest establishment or recovery and restoration of damaged ecosystems by planting *Schinus terebinthifolius* Raddi. in soils that require nutritional supplementation may have its success compromised if there is no nutritional supplementation.

**Keywords:** Brazilian native species, mineral nutrition, plant nutrition, visual symptom, Nutrient deficiency symptom

<sup>1</sup>Biólogo, Mestre em Ciências, área de concentração: Biologia na Agricultura e no Ambiente. CENA/USP Centro de Energia Nuclear da Agricultura, Universidade de São Paulo. Analista Ambiental do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente (ICMBio/MMA). Rua Serra Dourada, 896, Jardim São Fernando, CEP: 13100-325, Campinas, São Paulo, Brasil. E-mail: [biomarcello@gmail.com](mailto:biomarcello@gmail.com)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Livre-Docente. CENA/USP Centro de Energia Nuclear da Agricultura, Universidade de São Paulo, Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Avenida Centenário, 303, CEP:13416-000, Caixa Postal 96, Piracicaba, São Paulo, Brasil. E-mail: [aeboaret@cena.usp.br](mailto:aeboaret@cena.usp.br)

## INTRODUÇÃO

A implantação de florestas por meio do reflorestamento com espécies florestais nativas é uma das ações que contribuem para a recuperação de áreas degradadas, como áreas de proteção permanente e reserva legal e, também, na redução da concentração do CO<sub>2</sub> na atmosfera. Consequentemente, tem sido crescentes a procura e os incentivos por projetos de reflorestamento de áreas degradadas com espécies de árvores nativas, visando não somente a restauração florestal, mas também o seqüestro de carbono.

A espécie nativa *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-pimenteira) é uma das espécies nativas indicadas na recuperação e na restauração florestal, além de frequentemente utilizada na arborização urbana. É utilizada em reflorestamentos de proteção, como sombreadora de espécies secundárias tardias e clímax e, também, é indicada para a restauração de áreas degradadas, uma vez que possui pequenos frutos muito procurados pela avifauna. A espécie em questão pertence à família Anacardiaceae, de pequeno porte, de crescimento rápido e ciclo relativamente curto, heliófila e pioneira, amplamente disseminada por pássaros, o que explica sua boa regeneração natural (LORENZI, 2002). A folhagem da aroeira-pimenteira é constituída de folhas compostas, sendo que cada folha é formada por sete folíolos. Eventualmente esta espécie pode ser encontrada em clareiras e bordas de matas, mas geralmente coloniza áreas abertas, especialmente margens de rios e terrenos aluviais, suportando inundações e encharcamento do solo (DURIGAN *et al.*, 2002). Mesmo tendo sua madeira baixo valor comercial, a aroeira-pimenteira é usada como mourões de cerca, e produz lenha e carvão de boa qualidade (CARVALHO, 2003). Esta espécie apresenta ainda outras utilizações, como: tingimento e fortalecimento de redes de pesca, devido a casca conter um pigmento de ótima qualidade; alimentação animal (folhas); alimentação humana (os frutos são utilizados como substitutos da pimenta do reino) e medicinal.

Considerando a importância desta espécie nativa, faz-se necessário conhecer suas técnicas de plantio, tendo em vista que o êxito no plantio de espécies nativas depende, dentre outros fatores, do conhecimento acerca de suas exigências nutricionais.

A aroeira-pimenteira tem exigências nutricionais e respostas ao stress nutricional diferenciados e a complementação nutricional é um

dos principais fatores determinantes do sucesso do plantio desta espécie nativa, uma vez que a carência ou o suprimento inadequado de um nutriente mineral resulta em distúrbio nutricional, que se manifesta por sintomas de deficiência característicos (TAIZ; ZEIGER, 2004), que pode comprometer o sucesso de projetos de recuperação e de restauração florestal que utiliza a aroeira-pimenteira.

A presente pesquisa objetivou avaliar os efeitos da deficiência de macro e micronutriente em plantas jovens de aroeira-pimenteira. Para isso, induziu-se a sintomatologia de deficiência nutricional e determinaram-se os teores de macro e micronutrientes nas folhas e caules.

Finalmente avaliou-se o efeito da deficiência nutricional na altura, na produção de massa seca (folha, caule, raízes e total) e no estoque de carbono do caule em plantas jovens de aroeira-pimenteira.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo - CENA/USP, na cidade de Piracicaba/SP, definida geograficamente pelas coordenadas 22° 42'30" S, 47° 38'00" W.

As mudas de aroeira-pimenteira, com 45 dias de idade, de mesmo tamanho e mesmo número de folhas, em tubetes plásticos rígidos, contendo substrato comercial, foram adquiridas em um viveiro comercial de espécies nativas, localizado na cidade de Piracicaba/SP. As mesmas permaneceram durante 21 dias em casa de vegetação em solução nutritiva completa de Johnson *et al.* (1957), modificada, com 50% da concentração da solução original (diluída pela metade) com todos os macros e micronutrientes (Tabela 1). Após os 21 dias, as mudas tiveram suas raízes cuidadosamente lavadas com água deionizada, para a retirada do substrato, e transferidas para vasos de plástico (2 litros), contendo solução nutritiva com aeração.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições, sendo cada repetição representada por um vaso com uma planta, perfazendo assim um total de 39 mudas de aroeira-pimenteira. Os vasos, onde as mudas foram cultivadas, tinham capacidade de 2 litros. Após três semanas em solução nutritiva completa iniciou-se a omissão dos nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio

(Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), pelo método de diagnose por subtração, havendo também um tratamento completo com todos os macro e micronutrientes. A troca das soluções nutritivas foi realizada a cada 20 dias (Tabela 1).

Diariamente o vaso com dois litros da solução nutritiva foi completado com água deionizada. Quando necessário procederam-se o desentupimento das ponteiros de aeração, a coleta das folhas que se desprenderam das plantas e as descrições dos sintomas de deficiência.

Na descrição da diagnose visual compararam-se plantas deficientes com plantas sem deficiência nutricional das folhas. As plantas jovens de aroeira-pimenteira foram cultivadas até apresentarem um sintoma comum às três repetições, considerados então característicos de deficiência induzida. Tais sintomas foram fotografados e descritos.

As plantas de aroeira-pimenteira foram colhidas quatro meses após o início da omissão de nutrientes, onde determinou-se a altura, do colo da planta até a inserção da última folha desenvolvida.

As plantas colhidas foram separadas em folhas, caule e raiz, partes que foram lavadas em água deionizada e secadas em estufa de circulação forçada a uma temperatura de 60°C, até atingir massa constante. A seguir avaliou-se a massa seca das folhas, do caule e da raiz, e as amostras

foram moídas em moinho Wiley, para determinação do teor de macro e micronutrientes.

O preparo do extrato e a determinação do teor de macro e micronutrientes nas folhas e caules estão descritos em Sarruge e Haag (1974).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e subsequente teste de comparação de médias, teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1990).

A determinação do teor de carbono total foi realizada no equipamento LECO CR 412, pelo "método via seca por combustão". As determinações foram feitas em três réplicas e obtiveram-se os valores médios dos teores em cada uma das partes analisadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A diagnose visual de plantas com deficiência de nutrientes, em relação às plantas jovens de aroeira-pimenteira submetida ao tratamento completo, revelou que plantas deficientes em N, K, Ca, Fe tiveram clorose em folhas velhas, enquanto que as deficientes em S, B e Zn tiveram clorose nas folhas mais novas.

A deficiência de N causou clorose nas folhas mais velhas no terceiro mês após o transplantio das mudas, e no quarto mês as plantas jovens de aroeira-pimenteira mostraram clorose generalizada. Estes resultados são semelhantes aos de Sil-

**Tabela 1.** Composição das soluções nutritivas utilizadas (Johnson *et al.*, 1957).

**Table 1.** Nutrient solutions composition (Johnson *et al.*, 1957).

Solução Estoque	Tratamentos (ml/L)												
	Completo	Omissão											
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
KNO <sub>3</sub> (M*)	3	0,3	3	0,3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O	2	0,2	2	2	0,2	2	2	2	2	2	2	2	2
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> *	1	0,1	0,1	1	1	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O *	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
KCl (M*)	-	2,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CaSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O (0,01*)	-	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> *	-	-	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-	-
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> *	-	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> *	-	-	0,45	1,35	1,8	-	-	-	-	-	-	-	-
MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O *	-	-	-	-	-	-	0,45	-	-	-	-	-	-
Micro Completo**	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-
Micro -B	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Micro -Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Micro -Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Micro -Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Fe-EDTA***	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1

\* Solução 1 molar (1 M)

\*\* A solução estoque de micronutrientes tem a seguinte composição (g L<sup>-1</sup>): 3,728 de KCl; 1,546 de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0,338 de MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O; 0,575 de ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 0,125 de CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O

\*\*\* Preparo da solução de FeEDTA: Dissolver 33,2 g de EDTA em 500 mL de H<sub>2</sub>O e juntar 89,2 mL de NaOH 1 M (40 g L<sup>-1</sup>). Dissolver 24,9 g de FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O em 200 mL H<sub>2</sub>O. Juntar as duas soluções. Completar a 1L. Envolver o frasco em papel de alumínio; arejar durante a noite; guardar na geladeira em frasco escuro.

va e Muniz (1995), que estudando *Cedrela fissillis* Vell., constataram que a ausência de N resultou em coloração verde citrina nas folhas mais velhas e posteriormente amarelecimento generalizado.

Folha amarelada, causada pela deficiência de N, é o resultado da proteólise, ou seja, da decomposição dos protídeos em compostos mais simples. A consequência, em longo prazo, do amarelecimento das folhas é a senescência (envelhecimento) e queda precoce das folhas. (MALAVOLTA, 2006).

Considerando que tanto o N como o S são nutrientes constituintes de aminoácidos, muitos dos sintomas de deficiência de S são similares aos de N, incluindo clorose, redução do crescimento e acúmulo de antocianinas. Todavia, na maioria das espécies (EPSTEIN; BLOOM, 2006), uma das diferenças entre os dois sintomas de deficiência é que a clorose causada pela deficiência de S, inicialmente, ocorre nas folhas jovens, pois, de forma diferente do N, o S é pouco redistribuído para as folhas jovens.

Barroso *et al.* (2005), em estudo sobre deficiência nutricional em plantas de teca (*Tectona grandis* Lf.), observaram que na ausência de S as plantas apresentaram redução no crescimento e clorose generalizada, principalmente nas folhas novas, o que também foi constatado em plantas jovens de aroeira-pimenteira, além de leve encarquilhamento.

Além do crescimento retardado e lento das plantas, a deficiência de N e de Ca causou senescência precoce dos folíolos. Nas plantas jovens deficientes de Ca houve também a queda prematura das folhas, devido ao colapso do pecíolo. O mesmo sintoma também ocorreu nas plantas deficientes de K. O Ca, no processo metabólico, afeta a atividade de hormônios e de enzimas, como os que regulam a senescência e a abscisão das folhas e frutos (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995; MENGEL; KIRKBY, 1987).

Folíolos, das folhas mais velhas, com clorose internerval foram sintomas constatados em plantas jovens de aroeira-pimenteira deficientes de Mg. A clorose entre as nervuras foliares (clorose internerval) é um sintoma característico da deficiência de Mg, sendo que o mesmo ocorre primeiro nas folhas mais velhas, devido à mobilidade deste nutriente (MARSCHNER, 1995). No trabalho de Haag *et al.* (1981), a ausência de Mg causou clorose entre as nervuras e posteriormente aparecimento de manchas claras por toda folha em *Gmellina arborea* Linn. Roxb.

O B e o Zn são os micronutrientes que, com

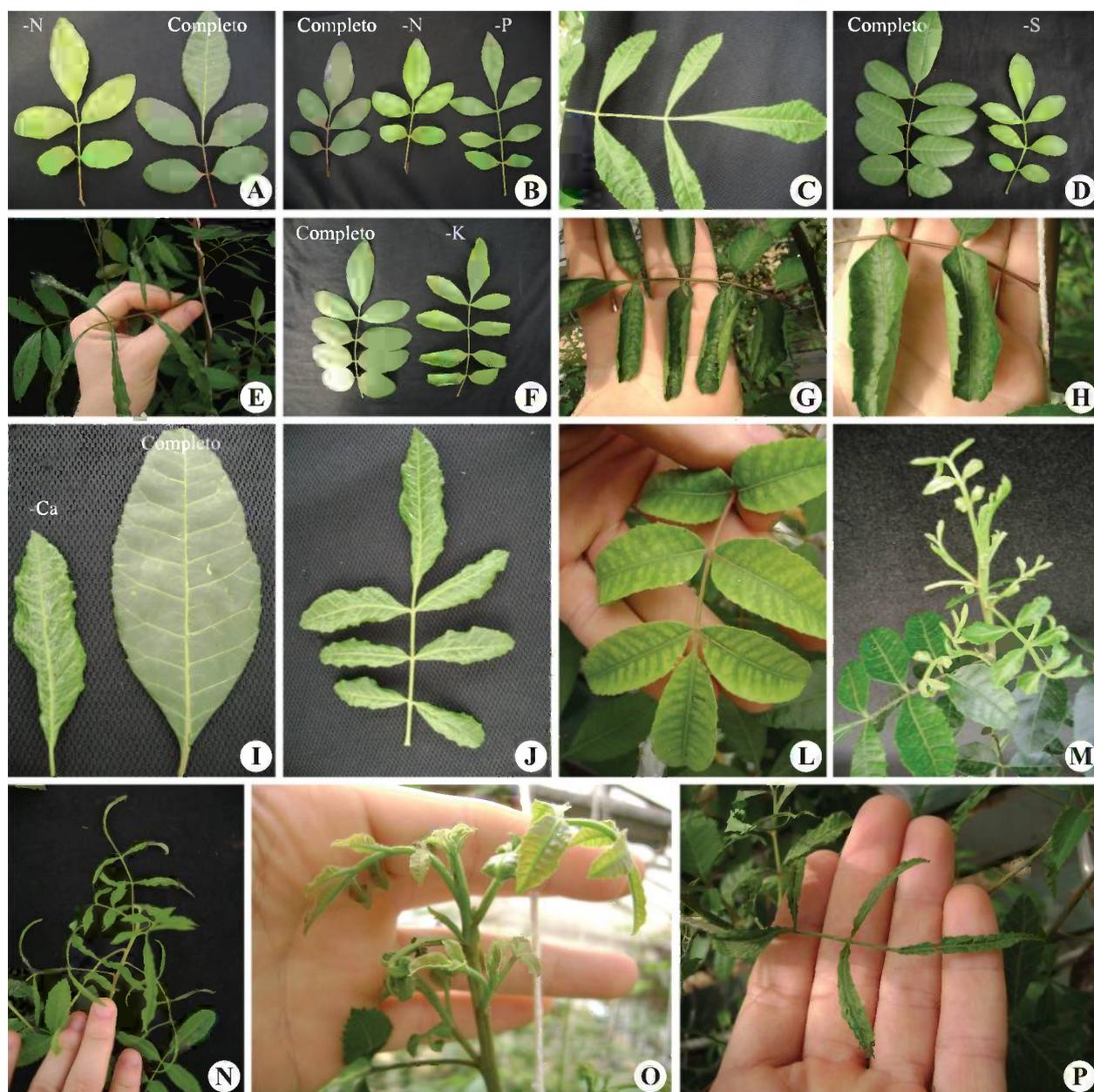
mais freqüência, se mostram deficientes em solos brasileiros (RIBEIRO *et al.*, 1994). Em plantas jovens de aroeira-pimenteira, a deficiência de B causou morte do ápice caulinar, o que resultou, na ramificação na extremidade e formação de folíolos filiformes de folhas novas. Folíolos lanceolados, estreitos e pequenos também foram sintomas comumente encontrados nas plantas deficientes de N, P e Ca.

A degradação dos tecidos meristemáticos e a conseqüente morte do ápice caulinar, causada pela deficiência de B, pode estar relacionada com anomalia no processo da divisão celular, com mudanças na direção da divisão, que passa a ser radial em vez de longitudinal (MARSCHNER, 1995). A deficiência de B impede o alongamento de raízes, tornando mais grossas e curtas (MARSCHNER, 1995). Mesmo não alterando a produção de massa seca das raízes (Tabela 4), raízes mais grossas e curtas também foram sintomas vistos em plantas jovens de aroeira-pimenteira com deficiência de B.

A deficiência de Fe provocou o aumento na massa seca das raízes de plantas jovens de aroeira-pimenteira. As raízes tornaram-se mais ramificadas e maiores, além de alteração na coloração na própria raiz e da solução nutritiva onde estavam as plantas deficientes em Fe. A alteração na coloração nas raízes, sob deficiência de Fe, também foi constatada no estudo de Salvador *et al.* (1999), com goiabeira (*Psidium guajava* Linn.), que verificaram que o sistema radicular mostrou-se com tonalidade marrom ou ferruginosa.

A deficiência de Zn afeta o crescimento da planta, com redução no crescimento dos internódios e produção de folhas retorcidas, uma vez que o Zn participa como componente estrutural e ativador das enzimas envolvidas no metabolismo do DNA e RNA, na divisão celular e na síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995). Nas plantas jovens de aroeira-pimenteira com deficiência de Zn tiveram internódios mais curtos. A clorose e necrose, das pontas e margens dos folíolos, mais velhos foram sintomas de deficiência comuns para de K, Ca, Mg e Fe. A deformação e murchamento das folhas foram sintomas da deficiência observados nos tratamentos deficientes em K, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn. Pontos de necrose no limbo dos folíolos foram sintomas de deficiência de P, Ca, Cu e Mn.

Nas Figuras 1 e 2 encontram-se fotos dos principais sintomas de deficiência de macro e micronutrientes encontrados neste estudo.

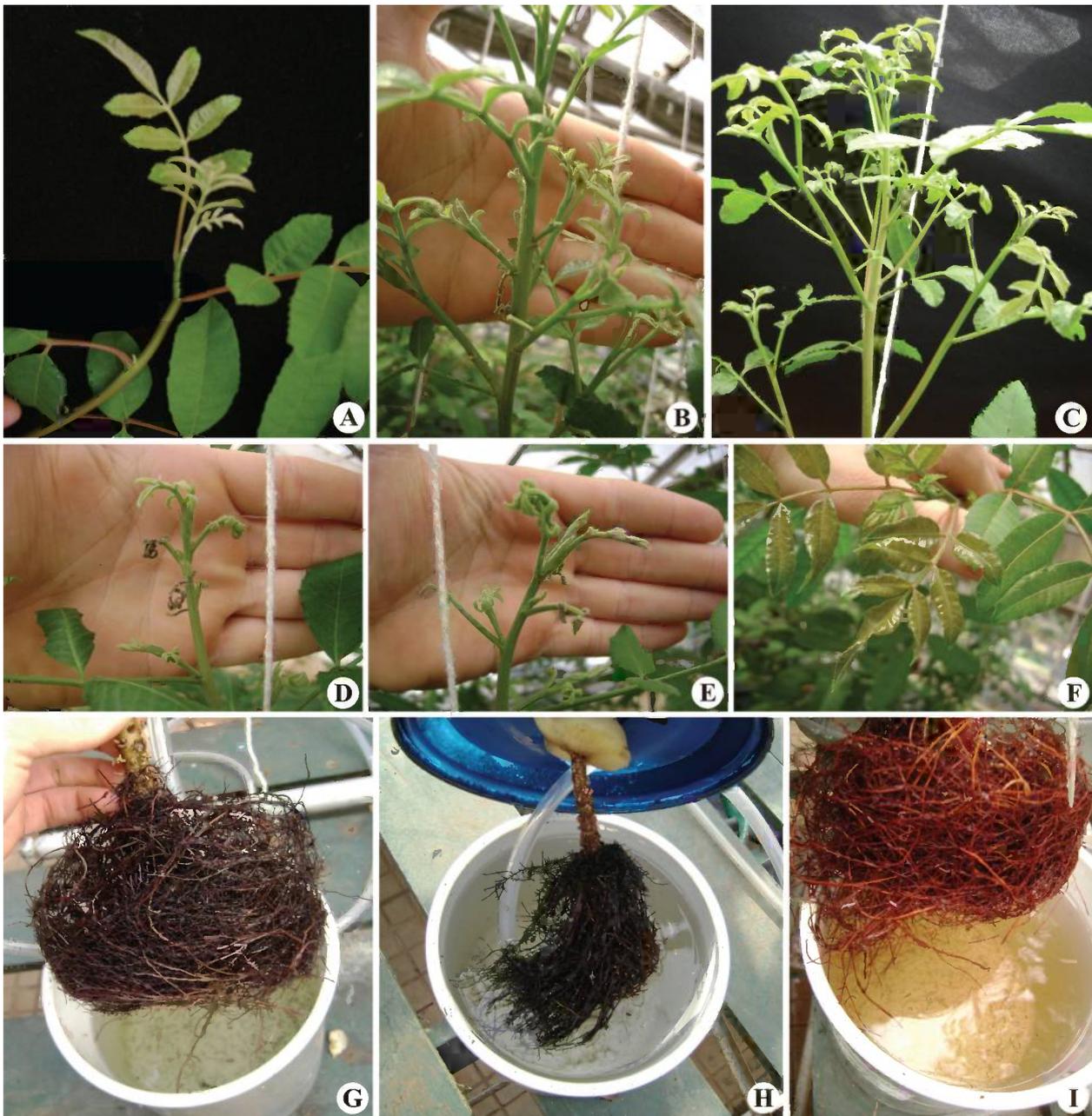


**Figura 1.** Folíolos de plantas jovens de aroeira-pimenteira submetidas ao tratamento completo e com deficiência de nitrogênio (A e B), enxofre (D), potássio (F) e cálcio (I). Diagnóstico visual de folíolos com deficiência de fósforo (C), cálcio (E e J), potássio (G e H), magnésio (L), enxofre (N) e boro (P) e de ápice caulinar de plantas jovens de aroeira-pimenteira com deficiência de fósforo (M) e boro (O).

**Figure 1.** Young plant leaflets of *Schinus terebinthifolius* Raddi submitted to the complete treatment and with deficiency of nitrogen (A and B), sulfur (D), potassium (F) and calcium (I). Visual diagnosis of leaflets with phosphorus deficiency (C), calcium (E and J), potassium (G and H), magnesium (L), sulfur (N) and boron (P) and of shoot tip of young plants of *Schinus terebinthifolius* Raddi with deficiency (M) and boron (O).

A omissão de um dos nutrientes na solução nutritiva, exceto para o Cu, provocou redução no teor do mesmo nas folhas das plantas jovens de aroeira-pimenteira, em relação às plantas não deficientes. A deficiência de um nutriente na solução nutritiva, exceto para o P e K, não causou diminuição no teor do mesmo nutriente no caule das plantas jovens de aroeira-pimenteira em relação às plantas jovens sob tratamento completo (Tabela 2 e 3).

A análise dos nutrientes nos tecidos vegetais foi realizada para prover informações sobre o estado nutricional das plantas, como forma de direcionar o manejo nutricional para produções ótimas (SMITH; LONERAGAN, 1997). De fato, os menores teores de macro e micronutrientes nas folhas e caules, nos tratamentos com omissão ou deficiência de um dos nutrientes, em relação ao tratamento completo, comprovam que os sintomas visuais, acima descritos, foram causados pela deficiência do respectivo nutriente (Tabelas 2 e 3).



**Figura 2.** Diagnóse visual de ápice caulinar de plantas jovens de aroeira-pimenteira com deficiência de cobre (A), ferro (B), manganês (C e D), fósforo (E) e zinco (F). Comparação entre raízes de plantas jovens de aroeira-pimenteira submetidas ao tratamento completo (G) e com deficiência de boro (H) e ferro (I).

**Figure 2.** Visual symptom of shoot tip of young plants of *Schinus terebinthifolius* Raddi with deficiency of copper (A), iron (B), manganese (C and D), phosphorus (E) and zinc (F). Comparison among roots of young plants of *Schinus terebinthifolius* Raddi submitted to the complete treatment (G) and with boron (H) and iron (I) deficiency.

A deficiência de um dos macronutrientes assim como a omissão de Fe e Mn, limitou, em relação ao tratamento completo, o crescimento em altura das plantas jovens de aroeira-pimenteira (Figura 3).

A produção de massa seca nas plantas jovens de aroeira-pimenteira na ausência de N, P, K, Ca, Mg, B e Mn foi menor quando comparadas às plantas submetidas ao tratamento completo (Tabela 4).

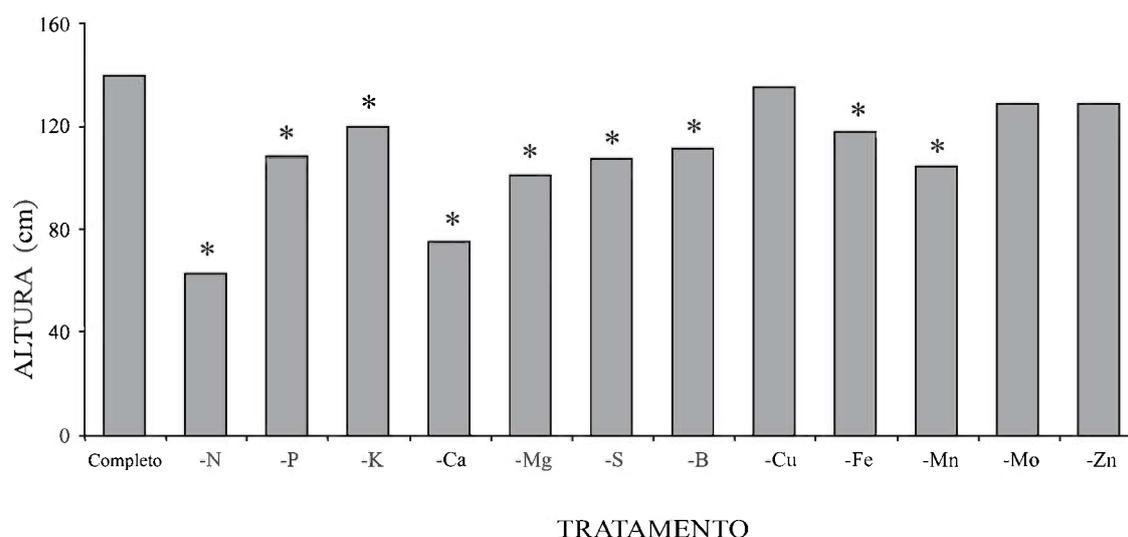
A deficiência de N foi a mais limitante no crescimento em altura e na produção inicial de massa seca em plantas jovens de aroeira-pimenteira. Isso porque de todos os nutrientes, o N é quantitativamente o mais importante para o crescimento das plantas, principalmente na fase inicial de desenvolvimento e crescimento (EN-GELS; MARSCHNER, 1995).

**Tabela 2.** Teores dos macronutrientes nas folhas e caule de aroeira-pimenteira.**Table 2.** Macronutrients content in the leaves and stem of *Schinus terebinthifolius* Raddi.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg					
<b>Folha</b>						
Completo	20 c <sup>(1)</sup>	4,2 abcd	24 bcd	10 ab	2,7 abc	3,3 ab
Deficiência de N	10 g	5,0 a	21 cde	7 bc	3,7 a	2,4 bc
Deficiência de P	18 cde	1,2 e	21 cde	12 ab	3,0 abc	2,8 ab
Deficiência de K	24 b	5,0 ab	4 f	15 a	3,6 ab	3,3 ab
Deficiência de Ca	27 a	4,8 abc	31 a	4 c	2,0 cd	2,9 ab
Deficiência de Mg	28 a	5,2 a	29 ab	13 ab	0,9 d	3,3 ab
Deficiência de S	15 f	3,0 d	16 e	9 bc	2,5 bc	1,4 c
Deficiência de B	18cde	3,3 bcd	17 e	10 ab	2,2 c	2,6 b
Deficiência de Cu	17 def	3,4 abcd	17 e	10 ab	2,2 c	2,7 b
Deficiência de Fe	19 c	3,5 abcd	19 de	12 ab	2,6 abc	3,2 ab
Deficiência de Mn	19 c	4,4 abcd	25 bc	11 ab	2,8 abc	3,7 a
Deficiência de Mo	16 ef	3,3 cd	18 e	9 bc	2,2 c	2,7 ab
Deficiência de Zn	19 cd	4,4 abcd	21 cde	11 ab	3 abc	3,4 ab
CV (%)	4	15	9	19	14	12
Valor de F <sup>(2)</sup>	105 *	11 *	43 *	6 *	10 *	8 *
DMS	4	2	5	6	1	1
<b>Caula</b>						
Completo	6 de	2,9abc	9 de	2,1 de	0,8 abc	0,6 ab
Deficiência de N	3 e	2,9 abc	16 b	2,3 de	1,0 ab	0,9 ab
Deficiência de P	6 cde	0,4 e	10 de	3,6 bcd	0,9 ab	1,0 a
Deficiência de K	11 b	2,8 abc	3 g	4,4 bc	0,9 ab	0,8 ab
Deficiência de Ca	16 a	3,3 ab	13 c	1,6 e	0,7 abc	0,8 ab
Deficiência de Mg	9 bc	3,6 a	19 a	7,5 a	0,3 c	1,0 a
Deficiência de S	5 de	2,2 cd	8 ef	2,7 cde	0,9 abc	0,3 b
Deficiência de B	5 de	2,6 bcd	8 ef	3,0 cde	0,6 bc	0,5 ab
Deficiência de Cu	4 e	2,0 cd	8 ef	3,7 bcd	0,5 bc	0,5 ab
Deficiência de Fe	6 de	2,4 bcd	9 def	3,2 cde	0,8 abc	0,6 ab
Deficiência de Mn	7 cd	3,6 a	11 cd	5,3 b	1,2 a	0,9 a
Deficiência de Mo	5 de	2,0 cd	7 f	3,0 cde	0,5 bc	0,5 ab
Deficiência de Zn	6 de	1,7 d	8 ef	2,9 cde	0,5 bc	0,6 ab
CV (%)	15	13	9	17	26	29
Valor de F <sup>(2)</sup>	34 *	21 *	58 *	20 *	5 *	4 *
DMS	3	1	3	2	1	1

(1) As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

(2) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 3.** Altura média das plantas jovens de aroeira-pimenteira submetidas ao tratamento completo e de deficiência de nutrientes minerais. As médias das alturas com asterisco (\*) acima da barra diferem estatisticamente do tratamento completo. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV (%) = 7; DMS = 21,5.

**Figure 3.** Height average of the *Schinus terebinthifolius* Raddi. submitted to the complete treatment and with mineral nutrient deficiency. The average height with asterisk (\*) above the bar is statistically significant when compared to the control. The Tukey Test was applied to the level of 5% of probability. CV (%) = 7; DMS = 21,5.

**Tabela 3.** Teores dos micronutrientes nas folhas e caule de aroeira-pimenteira.

**Table 3.** Macronutrients content in the leaves and stem of *Schinus terebinthifolius* Raddi.

Tratamento	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg/kg				
<b>Folha</b>					
Completo	16 b <sup>(1)</sup>	4 ab	291 ab	33 bcd	20 ab
Deficiência de N	17 b	3 ab	285 ab	54 a	23 ab
Deficiência de P	18 b	3,8 ab	190 b	33 bcd	20 ab
Deficiência de K	25 ab	4,3 ab	284 ab	32 cd	21 ab
Deficiência de Ca	30 a	5,5 a	351 a	40 bc	25 a
Deficiência de Mg	24 ab	5,6 a	303 ab	43 b	22 ab
Deficiência de S	20 b	5,4 a	283 ab	31 cd	17 abc
Deficiência de B	9 c	3,5 ab	276 ab	31 cd	18 abc
Deficiência de Cu	20 ab	3,3 b	250 ab	27 d	15 bc
Deficiência de Fe	21 ab	3,5 ab	122 c	39 bc	23 ab
Deficiência de Mn	25 ab	4,8 ab	358 a	16 e	23 ab
Deficiência de Mo	19 b	3,0 ab	247 ab	33 bcd	17 abc
Deficiência de Zn	19 b	3,8 ab	258 a	32 bcd	9 c
CV (%)	15	31	18	10	15
Valor de F <sup>(2)</sup>	5 *	3 *	2 *	18 *	6*
DMS	9	4	151	11	9
<b>Caule</b>					
Completo	9 b	2,2ab	55b	7 cd	17 bc
Deficiência de N	10 ab	2,5ab	74a	16 b	22 bc
Deficiência de P	9 b	1,9ab	44b	7 cd	13 bcd
Deficiência de K	9 b	2,2ab	55b	6 cd	24 b
Deficiência de Ca	13 a	3,2 <sup>a</sup>	50b	15 a	43 a
Deficiência de Mg	10 ab	2,5ab	51b	8 c	18 bc
Deficiência de S	9 b	2,3ab	44b	6 cd	14 bcd
Deficiência de B	9 b	2,6ab	56b	6 cd	15 bcd
Deficiência de Cu	8 b	1,9b	56b	6 cd	11 cd
Deficiência de Fe	9 b	3,0a	40b	6 cd	20 bc
Deficiência de Mn	14 a	2,8ab	53b	4 d	22 b
Deficiência de Mo	8 b	1,2ab	44b	7 cd	13 bcd
Deficiência de Zn	11 ab	1,4ab	53b	7 cd	5d
CV (%)	13	40	11	15	19
Valor de F <sup>(2)</sup>	6 *	3 *	7 *	63 *	19 *
DMS	4	3	16	4	11

(1) As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

(2) \* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4.** Massa seca e teor de carbono em órgãos da aroeira-pimenteira.

**Table 4.** Dry matter and carbon content in organs of the *Schinus terebinthifolius* Raddi.

Tratamento	Massa seca (g/planta)				Teor de Carbono (%)
	Folha	Caule	Raiz	Planta inteira	
Completo	26 a *	18 a	6 bc	50 a	45,7 f *
Deficiência de N	8 g	9 e	4 bc	20 g	45,2 f
Deficiência de P	19 cd	15 ab	3 bc	36 de	46,4 bcd
Deficiência de K	20 bcd	13 bc	6 bc	38 de	46,6 abcd
Deficiência de Ca	11 fg	6 e	3 c	20 g	46,7 abc
Deficiência de Mg	13 ef	7de	4 bc	24 fg	45,3 ef
Deficiência de S	22 abc	17 a	7 b	45 abc	45,8 ef
Deficiência de B	21 bc	15 ab	4 bc	40 bcd	45,9 cdef
Deficiência de Cu	26 a	17 a	7 b	50 a	45,8 def
Deficiência de Fe	21 bc	16 ab	11a	48 ab	46,3 bcd
Deficiência de Mn	16 de	10 cd	4 bc	30 ef	46,0 cde
Deficiência de Mo	26 a	19 a	7 b	51 a	47,3 a
Deficiência de Zn	23 ab	17 a	7 b	47 ab	46,9 ab
CV (%)	8	10	22	7	1
Valor de F <sup>(2)</sup>	45**	38**	8**	53**	15**
DMS	4,5	4,0	3,8	8,3	0,8

\* As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

(2) \*\* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O crescimento retardado e lento causado pela deficiência de N é devido ao papel desempenhado por esse elemento no metabolismo da planta, já que o N é um constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos e, conseqüentemente, as proteínas e os ácidos nucléicos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além disso, a função do N nas plantas se dá pois este nutriente está presente na composição de muitas enzimas, coenzimas, vitaminas, pigmentos e produtos secundários, participando também de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA *et al.*, 1997; MARSCHNER, 1995).

A redução da massa seca da parte aérea em plantas de *Acacia mangium* Willd, em virtude da omissão de macronutrientes, foi observado por Dias *et al.* (1994), sendo que a ausência de N resultou na menor produção de massa seca.

As deficiências de Ca e Mg também tiveram os efeitos pronunciados na produção de massa seca, quando comparadas as plantas submetidas ao tratamento completo.

O Ca está envolvido em processos como fotossíntese, divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular (MALAVOLTA *et al.*, 1997) e o Mg é parte da estrutura da molécula de clorofila, juntamente com o N e outros elementos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Deste modo, a deficiência de Mg compromete a síntese de clorofila, afetando, com isso, a fotossíntese e, por conseguinte, a produção de massa seca.

A deficiência de P também afetou a produção de massa seca das plantas jovens de aroeira-pimenteira. Plantas deficientes em fósforo têm seu crescimento limitado, pois este nutriente tem função estrutural na planta, além de estar ligado ao processo de transferência e armazenamento de energia, afetando vários processos metabólicos, como a síntese de proteínas e ácido nucléico (MALAVOLTA *et al.*, 1997; MENGEL; KIRKBY, 2001). Silva e Muniz (1995) observaram também que a *Cedrella fissillis*, na ausência de fósforo, reduziu seu crescimento, além de apresentar escurecimento das nervuras.

A deficiência de K causou diminuição na produção de massa seca das plantas jovens de aroeira-pimenteira, uma vez que este nutriente ativa enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, além de desempenhar papel na regulação do potencial osmótico da célula vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A deficiência de S, Cu, Fe, Mo e Zn não causaram efeitos estatisticamente significativos quanto à produção de massa seca, nas plantas jovens de aroeira-pimenteira, em relação às plantas submetidas ao tratamento completo (Tabela 4). Talvez isto se justifique pelo fato de que as plantas, quando foram transplantadas para a solução nutritiva deficiente, estavam bem supridas destes nutrientes, pois as mudas de aroeira-pimenteira foram adquiridas em viveiro comercial, onde é realizada a adubação do substrato.

Além disso, as plantas permaneceram durante três semanas em solução nutritiva completa de Johnson *et al.* (1957), modificada, com 50% da concentração da solução original. Desta forma, a quantidades acumuladas de S, Cu, Fe, Mo e Zn podem ter sido suficientes para nutrir as plantas jovens durante o período do experimento, que foi aproximadamente de quatro meses. Supõe-se que, se o período com omissão fosse prolongado as plantas deficientes destes nutrientes apresentariam menor produção de massa seca em relação às plantas submetidas ao tratamento completo.

O teor de carbono no caule de aroeira-pimenteira variou de 47 %, no tratamento com omissão de molibdênio, a 45 % nas plantas deficientes de nitrogênio (Tabela 4).

A deficiência nutricional, apesar de não provocar grandes alterações no teor de carbono dos caules, causou efeito no estoque de carbono e na capacidade de seqüestro de carbono, tendo em vista que a produção de massa seca é menor nas plantas deficientes de alguns dos nutrientes minerais, principalmente o N, P, K, Ca e Mg, em relação ao tratamento completo. Com exceção ao tratamento com omissão de Mo, todos os demais estocaram quantidades de carbono inferiores ao tratamento completo (Tabela 4).

## CONCLUSÃO

A deficiência de N, P, K, Ca, Mg e B, além de propiciar o aparecimento de sintomas de deficiência nas folhas, comprometeu também a produção de massa de plantas jovens de aroeira-pimenteira. Assim, a implantação de florestas e a recuperação de áreas degradadas por meio do reflorestamento com esta espécie, visando o seqüestro de carbono, a restauração ecológica florestal ou com a intenção de promover a manutenção da biodiversidade, poderão não conseguir o sucesso esperado sem a complementação nutricional do solo com os nutrientes exigidos.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pelo suporte financeiro e pela concessão da bolsa, respectivamente. Em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciências e ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, ambos do Centro de Energia Nuclear da Agricultura (CENA), da Universidade São Paulo (USP).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, D.G.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.A.; PEREIRA, R.C.; MENDONÇA, A.V.R.; SILVA, L.C. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. *Revista Árvore*, Viçosa, v.29, n.5, p. 671-679, 2005.

CARVALHO, P.E.R. *Espécies arbóreas brasileiras*. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

DIAS, L.E.; FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd em resposta à omissão de macronutrientes. *Revista Árvore*, Viçosa, v.18, p.123-131, 1994.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M.B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M.A. de O.; BAITELLO, J.B. *Sementes e mudas de árvores tropicais*. 2.ed. São Paulo: Instituto Florestal; CINP; SMA; JICA, 2002. 65p.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, P.E. (Ed.). *Nitrogen fertilization in the environment*. New York: M. Dekker, 1995. p.41-81.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta, 2006.

HAAG, H.P.; GONÇALVES, A.N., TENÓRIO, Z., TENÓRIO, N.A. Distúrbios nutricionais em *Gmelina arborea*. *O Solo*, Piracicaba, v.73, n.2, p. 33-38, 1981.

JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B. Comparative chlorine requirements of different plant species. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 8, p.337-353, 1957.

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 2ed. Nova Odessa: Editora Platarum, 2002. v.2.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E. *Elemento de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1980. 252p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2.ed. London: Academic Press, 1995.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Bern: Potash Institute, 1987. 687p.

PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S.; MENEZES, N.L.; Efeito do tratamento com fontes de zinco e boro na germinação e vigor de sementes de milho. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.51, n.3, p.481-485, 1994.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiências de micronutrientes e composição mineral de folhas em mudas de goiabeira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.9, p.1655-1662, 1999.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 54p.

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S. Exigências nutricionais de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. *Revista Árvore*, Viçosa, v.19, n.3, p.415-425, 1995.

SMITH, F.W.; LONERAGAN, J.F. Interpretation of plant analysis: concepts and principles. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Ed.). *Plant analysis: an interpretation manual*. Collingwood: CSIRO, 1997. Cap. 1, p.1-33.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004.

Recebido em 15/12/2011

Aceito para publicação em 16/07/2012