

Deficiência de micronutrientes em plantas jovens de  
*Cariniana estrellensis* (Raddi) KuntzeMicronutrient deficiency in *Cariniana estrellensis* (Raddi) KuntzeMarcelo Leandro Feitosa de Andrade<sup>1\*</sup> e Antônio Enedi Boaretto<sup>2</sup>**RESUMO**

As espécies florestais nativas têm exigências nutricionais diferenciadas, sendo que a obtenção de informações da demanda nutricional e da resposta das espécies nativas à fertilização é de fundamental importância, em especial no plantio de mudas e manejo pós plantio destas espécies. A presente pesquisa teve como objetivo induzir a deficiência de boro (B), de cobre (Cu), de ferro (Fe), de manganês (Mn) e de zinco (Zn) para em seguida descrever os sintomas visuais e avaliar o efeito na assimilação de CO<sub>2</sub>, na transpiração e na produção de biomassa seca em plantas jovens de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em blocos ao acaso, com sete tratamentos e três repetições, empregando a técnica de diagnose por subtração de micronutrientes, com um tratamento controle no qual o jequitibá-branco foi cultivado em solução nutritiva completa, com todos os macros e micronutrientes. Os teores de nutrientes foram determinados por análise química nos diferentes órgãos do jequitibá-branco; através do analisador de gás por infravermelho portátil (*Infrared Gas Analyzer* – IRGA, modelo Li-cor 6400) foram determinadas as taxas de assimilação de gás carbônico e de transpiração em folhas de três partes distintas das plantas, e ao final do experimento foi realizada a determinação da produção de biomassa seca. A deficiência dos micronutrientes causaram sintomas visuais, em plantas jovens de jequitibá-branco, tais como deformação (B, Cu e Zn), clorose (B, Fe, Mn e Zn) e pontos de necrose (Cu e Mn) no limbo das folhas novas, má formação de raízes (B e Fe) e formação de internódios mais curtos (Zn). A deficiência de B e Mn, de um modo geral, prejudicou as taxas de assimilação de gás carbônico e de transpiração e, por conseguinte, a produção de biomassa seca das plantas jovens de jequitibá-branco. Já a deficiência de Cu, Fe e Zn não causou significativos prejuízos as plantas. O jequitibá-branco possui exigência nutricional de micronutriente, em especial B e Mn, durante o processo de formação de mudas, sendo que a não complementação nutricional destes elementos pode comprometer o sucesso no plantio desta espécie florestal nativa.

**Palavras-chave:** jequitibá-branco, deficiência nutricional; diagnose visual, assimilação de gás carbônico; transpiração.

**ABSTRACT**

Brasilian native forest species have different nutritional requirements, and obtaining information on the nutritional demand and response of native species to fertilization is of fundamental importance. This study investigated the deficiency of Boron (B), Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn) and Zinc (Zn) in *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, known in Brazil as “jequitibá-branco”, to then describe the visual symptoms, in carbon dioxide assimilation and transpiration rates and biomass production of this species. The experiment was carried on a greenhouse, in a randomized block design with seven treatments with three replicates, using the technique of diagnosis by subtraction of macronutrients, with a control treatment in which the “jequitibá-branco” was grown in nutrient solution with all macro and micronutrients. In different organs of “jequitibá-branco” the nutrient contents by chemical analysis were determined; using portable infrared gas analyzer (Infrared Gas Analyzer - IRGA, Li-cor Model 6400) carbon dioxide assimilation and transpiration rates were determined in leaves of three distinct parts of plants, and at the end of the experiment were obtained the dry biomass weight. Micronutrient deficiency caused visual symptoms in young “jequitibá-branco” plants, such as deformation (B, Cu and Zn), chlorosis (B, Fe, Mn and Zn) and necrosis points (Cu and Mn) in the limbus of the new leaves, root deformation (B and Fe) and formation of more internodes short (Zn). The deficiencies of B and Mn decreased were the rates of carbon dioxide assimilation and “jequitibá-branco” perspiration, which consequently limited the production of dry biomass. Cu, Zn and Fe deficiency did not cause statistically significant effects on dry biomass production of young “jequitibá-branco” plants. The “jequitibá-branco” has

1. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, Ministério do Meio Ambiente. Porto Estrela / MT, Brasil. \* Autor correspondente: biomarcello@gmail.com

2. Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Universidade de São Paulo – USP. Piracicaba / SP, Brasil.

nutritional requirement of micronutrients, especially B and Mn, during the process of seedling formation, and the non-nutritional complementation of these elements may compromise the success in planting this native forest species.

**Keywords:** *Cariniana estrellensis*; nutrient deficiency; visual symptom, carbon assimilation; transpiration.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, na área ambiental, mais precisamente na recuperação e restauração de áreas degradadas, por meio do reflorestamentos heterogêneos com fins ecológicos, com o uso espécies florestais nativas, a nutrição e adubação destas espécies têm-se apoiado, geralmente, no empirismo ou em recomendações de outras culturas florestais, principalmente recomendações para adubação da espécie florestal exótica, do gênero *Eucaliptus* e *Pinus*, resultando na aplicação de quantidade insuficiente ou excessiva de adubos e, portanto, numa nutrição desbalanceada.

A *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco), é uma árvore da família Lecythidaceae, uma espécie arbórea indispensável nos reflorestamentos heterogêneos com fins ecológicos, sendo que sua exigência nutricional e sintomatologia de deficiência nutricional desconhecida atualmente. É uma árvore semidecídua no inverno, tem predileção por áreas ensolaradas podendo desenvolver-se também em áreas sombreadas e solos úmidos e profundos, característica da floresta clímax, sendo rara no cerrado ou em terrenos mais secos. Esta espécie possui qualidades ornamentais, entretanto, devido ao seu grande porte é apenas recomendado para o paisagismo de parques e grandes jardins. Atinge de 35-45m de altura e o tronco 90-120 cm de diâmetro, floresce de outubro-dezembro, sendo que os frutos amadurecem no período de julho-setembro e suas sementes são avidamente consumidas por macacos. (LORENZI, 2002).

Conhecer as épocas em que os elementos são mais exigidos no jequitibá-branco e saber quais são os sintomas de deficiência de determinado nutriente mineral são, sem dúvida, auxílios importantes para prevenir e/ou corrigir deficiências nutricionais com a adubação quantitativamente e qualitativamente correta. Desta forma, haverá não somente economia de fertilizantes, mas também, os insumos excedentes não causarão a contaminação do solo e dos aquíferos que estarão próximos da intervenção.

Os conhecimentos de nutrição mineral de plantas das culturas alimentícias, energéticas e de fibras têm sido acumulados ao longo de mais de um século, entretanto as pesquisas de nutrição de árvores nativas ainda são escassas, apesar de haver algumas iniciativas, com destaque para os trabalhos de Andrade (2010), Boaretto et al. (2014) e Sorreano (2006).

As espécies florestais nativas brasileiras têm exigências nutricionais bastante diferenciadas (ANDRADE; BOARETTO, 2012; BRAGA et al., 1995, SORREANO, 2006) e, devido à ampla diversidade genética e diferentes demandas nutricionais das espécies, não há como definir um padrão de fertilização que satisfaça as exigências de todas, evidenciando a necessidade de programas específicos para este fim (REIS et al., 2012).

Sintomas de deficiências minerais e os consequentes distúrbios de crescimento em espécies nativas tropicais e subtropicais usadas em reflorestamentos são comumente observados (DRESCHER; ZECH, 1991), sendo que o conhecimento do comportamento nutricional peculiar a cada espécie gera maior produtividade, economia e menores impactos ambientais nos plantios florestais (SOUZA et al., 2006).

O boro e zinco são os micronutrientes que mais frequentemente se mostra deficiente em solos brasileiros, sendo sua deficiência muito comum em plantas de interesse econômico (MALAVOLTA, 1980; RIBEIRO, SANTOS, 1996).

É sabido que a carência ou o suprimento inadequado de nutrientes minerais, no plantio e desenvolvimento das árvores nativas, pode comprometer o sucesso de projetos de recuperação e de restauração florestal que utilizam destas plantas (SORREANO, 2006), tendo em vista que estas deficiências nutricionais levam ao comprometimento em alguma fase do desenvolvimento vegetal. Em especial, a deficiência de micronutrientes pode causar prejuízos na atividade fotossintética das espécies nativas, uma vez que vários micronutrientes formam moléculas fundamentais no processo de fotossíntese, onde podemos destacar o Cobre, elemento que está associado a enzimas envolvidas em reações de transferência de elétrons, como a plastocianina na fase luminosa da fotossíntese, que

representa 70,0% do cobre nas folhas (MALAVOLTA, 2006) e o Ferro, que é o componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons nos cloroplastos e nas mitocôndrias (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Em muitas pesquisas a fotossíntese é avaliada pela assimilação de gás carbônico – CO<sub>2</sub> (ALFONSI et al., 2005; BATAGIN, 2008; INOUE; RIBEIRO, 1988; NEVES, 2004; ROMERO, 2008), sendo que a assimilação de CO<sub>2</sub> está associada diretamente aos processos fotossintéticos: quanto maior a assimilação de CO<sub>2</sub> pela folha, maior sua atividade fotossintética. Consequentemente, qualquer mudança na atividade fotossintética ou respiratória da folha será refletida na concentração final de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O assimilados e, portanto, na produção final.

Diferente de muitos outros trabalhos nos quais são descritos os sintomas de deficiência nutricional e, eventualmente, o comprometimento causado pela deficiência nutricional no desenvolvimento vegetal (ANDRADE; BOARETTO, 2012; FERNANDES et al., 2003; LIMA et al., 2003; SORREANO, 2006; SOUZA et al., 2006; VENTURIN et al., 2000), no presente estudo, objetivou-se além disso, avaliar como a deficiência de micronutrientes pode prejudicar o desempenho fotossintético e a transpiração e, por conseguinte, a produção vegetal.

Desta forma, objetivou-se, neste estudo, induzir as deficiências de boro (B), de cobre (Cu), de ferro (Fe), de manganês (Mn) e de zinco (Zn) para descrever os sintomas visuais (diagnose visual) e avaliar seus efeitos na assimilação de CO<sub>2</sub>, na transpiração e na produção de biomassa seca em plantas jovens de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação 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" de latitude sul, 47° 38'00" de longitude oeste.

As mudas de jequitibá-branco em tubetes de plástico rígidos de PVC de 120 ml, contendo substrato comercial, segundo as recomendações de Anez et al. (2005), foram adquiridas em um viveiro comercial de espécies nativas.

As plantas jovens de jequitibá-branco que foram utilizadas no experimento permaneceram durante 21 dias em casa de vegetação, em solução nutritiva de Johnson et al. (1957), com 50,0% da concentração da solução original (diluída a metade) para os macronutrientes e a concentração de micronutrientes foi igual à proposta pelo mesmo autor. Quando foi utilizada a solução nutritiva com concentração de macronutrientes indicada pelo autor, as plantas manifestaram sintomas de toxidez, como morte do meristema apical, queima das margens e do limbo das folhas e não se desenvolveram bem, com queda das folhas e morte de raízes.

Após esse período, as plantas jovens foram retiradas dos tubetes, tiveram suas raízes cuidadosamente lavadas com água deionizada, para a retirada do substrato, e foram transferidas para vasos, contendo 2 litros da solução nutritiva com aeração.

A deficiência de cada um dos micronutrientes: boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), foi induzida pelo método de diagnose por subtração, havendo também um tratamento controle (testemunha), com os macronutrientes com concentração de 50,0% da proposta por Johnson et al. (1957) e para os micronutrientes a concentração foi igual proposta pelos mencionados autores.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições em cada tratamento, sendo cada repetição constituída por uma planta, totalizando 18 plantas.

Diariamente o volume da solução nutritiva foi completado com água deionizada, mantida com aeração. A troca de solução nutritiva realizou-se quando a condutividade elétrica da solução nutritiva diminuía para 70,0% da condutividade elétrica inicial, ou a cada três semanas.

Na descrição da diagnose visual compararam-se as três plantas de cada um dos micronutrientes com as três plantas sem deficiência nutricional. As plantas jovens de jequitibá-branco foram cultivadas até apresentarem um sintoma comum às três repetições, considerados então característicos de deficiência induzida. Tais sintomas foram fotografados e descritos.

As taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e de transpiração foram determinadas com o uso do analisador de gás por infravermelho portátil (*Infrared Gas Analyzer- IRGA*), modelo Li-cor 6400. As taxas de assimilação ou liberação de CO<sub>2</sub> são expressas como a quantidade de CO<sub>2</sub> assimilado ou liberado

por unidade de área foliar e tempo ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) enquanto que as taxas de transpiração em  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

As avaliações através do IRGA foram realizadas em plantas com 120 dias após início do tratamento de deficiência micronutricional, sendo avaliadas duas folhas em cada parte da planta, a saber: folhas novas, folhas intermediárias e folhas velhas. Consideraram-se, neste estudo, como folhas novas aquelas do terço superior da planta, mais próximas do ápice caulinar; folhas intermediárias as do terço médio da planta, e folhas velhas as do terço inferior da planta.

As medidas com o IRGA foram realizadas durante o mês de julho, no período da manhã, em dias com sol e não nublados, entre 8h00 e 10h00. As avaliações foram realizadas no tratamento completo em logo em seguida em um dos tratamentos com deficiência de micronutrientes alternando em cada repetição.

Para a avaliação da assimilação de  $\text{CO}_2$  e da transpiração, a folha selecionada permanecia na câmara de análise, até a estabilização no aparelho, ou seja, quando o desvio padrão da medida no aparelho permanecia abaixo de 1,0%. A área foliar considerada foi de  $6,0 \text{ cm}^2$ , em função do tamanho do limbo do jequitibá-branco que ocupou toda a área da câmara fotossintética. A concentração de  $\text{CO}_2$  foi mantida aproximadamente  $400 \mu\text{mol CO}_2 \text{ s}^{-1}$ , sendo que o fornecimento de ar no sistema foi obtido fora da casa de vegetação.

Neste estudo, a intensidade luminosa utilizada (PARi) foi de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . O valor foi assim regulado uma vez que, nesta faixa, as plantas de jequitibá-branco do tratamento completo demonstraram uma maior taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$ . A temperatura da folha foi mantida em  $25$  a  $30^\circ\text{C}$ .

Para a análise estatística, determinou-se a média aritmética das taxas de assimilação de  $\text{CO}_2$  e de transpiração das duas folhas de cada categoria (novas, intermediárias e velhas). As médias foram submetidas a uma análise de variância e subsequente teste de comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1990).

Para determinação da produção de biomassa seca, cada uma das plantas jovens de jequitibá-branco foi separada em caule, raiz e folhas. Cada órgão foi lavado com água deionizada e secado em estufa de circulação forçada a uma temperatura de  $60^\circ\text{C}$ , até atingir massa constante. As massas secas das folhas (MSF), dos caules (MSC) e raízes (MSR) foram moídas em moinho Wiley para determinação química do teor de macro e micronutrientes.

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

Na análise estatística dos valores obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (PIMENTEL-GOMES, 1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A deficiência de um micronutriente na solução nutritiva diminuiu o teor deste nos órgãos analisados em relação ao tratamento sem deficiência (Tabela 1).

De um modo geral, a deficiência de cada micronutriente promoveu modificações no metabolismo, os quais causaram alterações anatômicas dos tecidos vegetais que conduziram ao aparecimento dos sintomas visuais, observados na diagnose visual (Figuras 1 e 2) das plantas jovens de jequitibá-branco.

### Diagnose visual

A deficiência de B provocou deformação e clorose do limbo das folhas novas, com o murchamento e dobramento dos bordos foliares (Figura1: A, B e C). Observou-se também a formação de raízes menores, com ramificações curtas (Figura 2, S), podendo ser devido à inibição de gemas axilares (HEWITT; SMITH, 1975). Esta má formação das raízes, a longo prazo, causa prejuízos fisiológicos nesta planta, que como consequência acarreta na redução ou atraso no seu crescimento, o que acarreta maiores custos com controle de plantas espontâneas que competem com o jequitibá-branco, quando esta espécie é utilizada na restauração ecológica florestal. Mudanças robustas e que apresentam maior porcentual de emissão de raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência no campo (FREITAS et al., 2005).

Sintomas de deficiência de B similares aos descritos foram mencionados para várias espécies, como seguem: paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.) (LIMA et al., 2003); *Eucalyptus spp* (MAFFEIS; SILVEIRA; BRITO, 2000; SILVEIRA et al., 2002) que mencionam também como sintomas de deficiência

**Tabela 1.** Teores de nutrientes nas folhas, nos caules e nas raízes de jequitibá-branco, em função dos tratamentos.  
**Table 1.** Nutrients content in the leaves, in the stem and in the roots of the *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, by the treatments.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg						mg/kg				
<b>Folha</b>											
Completo	31 a <sup>(1)</sup>	6 bc	21 a	21 a	4a	5 b	71 a	8 bc	353 b	37 b	26 bc
Deficiência de B	23 b	7 b	20 ab	18 a	3a	3 c	13 c	6 cd	350 b	40 ab	23 c
Deficiência de Cu	26 b	5 c	17 bc	19 a	3a	7a	46 b	2 e	473 a	47 a	37 a
Deficiência de Fe	23 b	5 c	15 c	19 a	3a	6 ab	43 b	4 de	68 c	42 ab	30 b
Deficiência de Mn	22 b	5 c	21 a	21 a	3a	7a	44 b	11 ab	457 a	5 c	31 b
Deficiência de Zn	24 b	8a	20 ab	20 a	3a	6 ab	66 a	12a	347 b	46 a	7 d
CV (%)	6	9	7	8	15	9	8	16	11	8	9
Valor de F <sup>(2)</sup>	13	18	10	1	3	21	85	85	43	79	63
DMS	4	1	4	4	1	1	11	3	105	8	6
<b>Caule</b>											
Completo	20 ab	7 b	20 ab	15 a	4,6 ab	3,6 bc	35 b	10,4 b	161 b	43 bc	26 b
Deficiência de B	16 b	6 b	17 b	15 a	3,6 b	2,7 c	9 d	7,6 c	186 b	37 c	24 b
Deficiência de Cu	24 a	5 b	17 b	12 ab	3,6 b	4,7 ab	27 bc	2,4 d	166 b	54 ab	38 a
Deficiência de Fe	25 a	5 b	26 a	12 ab	5,3 a	4,7 ab	26c	10 bc	70 c	41 c	26 b
Deficiência de Mn	24 a	4 b	20 ab	11 b	3,6 b	5a	28 bc	13,2 a	272 a	8 d	26 b
Deficiência de Zn	21 a	12a	21 ab	14 ab	4,1 ab	5,6 a	50 a	12,4 ab	193 b	56 a	14 c
CV (%)	7	17	12	10	13	10	10	11	16	11	10
Valor de F <sup>(2)</sup>	12	22	5	5	5	18	65	46	16	48	24
DMS	4	3	7	4	2	1	8	3	76	12	7
<b>Raiz</b>											
Completo	16 a	6 b	22 a	18 a	3,8 a	4,6 ab	36 b	13,7 a	148 c	41 ab	30 ab
Deficiência de B	14 a	4 bc	18 ab	19 a	3,8 a	3,7 b	13 d	11,8 ab	140 c	34 b	33 ab
Deficiência de Cu	13 a	5 bc	18 ab	17 a	3,5 a	5,3 ab	32 bc	4,1 c	224 b	53 a	35 a
Deficiência de Fe	18 a	5 bc	20 a	18 a	3,1 a	5,3 ab	28 c	9,6 b	93 d	32 b	29 ab
Deficiência de Mn	15 a	3 c	19 ab	18 a	3,4 a	5,3 ab	29 c	12,8 ab	261 a	9 c	28 b
Deficiência de Zn	16 a	9a	13 b	19 a	3,3 a	6,0 a	47 a	13,9 a	149 c	53 a	12 c
CV (%)	14	14	11	8	15	12	7	14	6	12	9
Valor de F <sup>(2)</sup>	2	16	5	1	1	5	79	19	107	43	35
DMS	6	2	6	4	1	2	6	4	28	12	7

<sup>(1)</sup> As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si. <sup>(2)</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade.

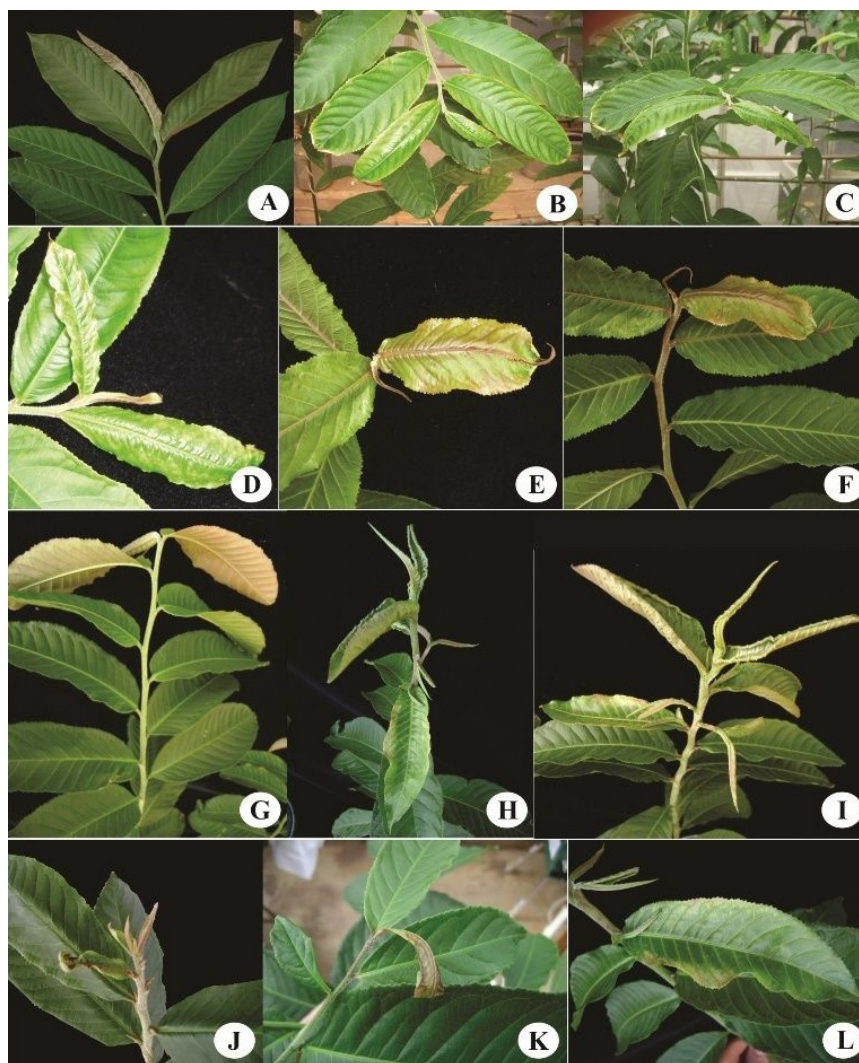
de B nestas mesmas espécies formação de folhas coriáceas, morte da gema apical e seca do ponteiro com superbrotamento.

A má formação radicular é um sintoma que aparece nos vegetais quando há deficiência de B, como por exemplo, no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), onde a omissão de B provocou inibição da divisão e alongamento celular, hipertrofia de células, desorganização de elementos vasculares em raiz, impedindo que a leguminosa completasse o seu ciclo (MORAES-DALLAQUA et al., 2000).

A formação defeituosa do sistema radicular e a morte do ápice caulinar em plantas deficientes em B são devidas ao fato deste nutriente ser considerado imóvel nas nestas plantas (MALAVOLTA, 2006). Além disso, a degradação dos tecidos meristemáticos, 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, impedindo o alongamento normal de raízes, tornando-as mais grossas e curtas (MARSCHNER, 1995).

A deficiência de Cu, em plantas jovens de jequitibá-branco, causou a má formação das folhas mais novas, que ficaram retorcidas e encarquilhadas (Figura 1), e com pontos de necrose no limbo e na sua borda. O surgimento de folhas verde escuras com manchas necróticas é um dos sintomas iniciais da deficiência de Cu, sendo que estas folhas podem também se apresentar retorcidas ou malformadas e, sob deficiência de Cu extrema, há possibilidade de as folhas caírem prematuramente (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas de jequitibá-branco com deficiência de Fe apresentaram clorose generalizada (Figura 1, H e I), internerval e marginal nas folhas novas (Figura 1, L).



**Figura 1 (A-L).** Folhas novas de plantas jovens de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco) submetidas ao tratamento completo (A e G) e com deficiência de boro (B, C e D), cobre (E e F), ferro (H, I e L) e manganês (J e K).

**Figure 1 (A-L).** New leaves of young plants of *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze submitted to the complete treatment (A and G) and with deficiency of Boron (B, C and D), Copper (E and F), Iron (H, I and L) and Manganese (J and K).

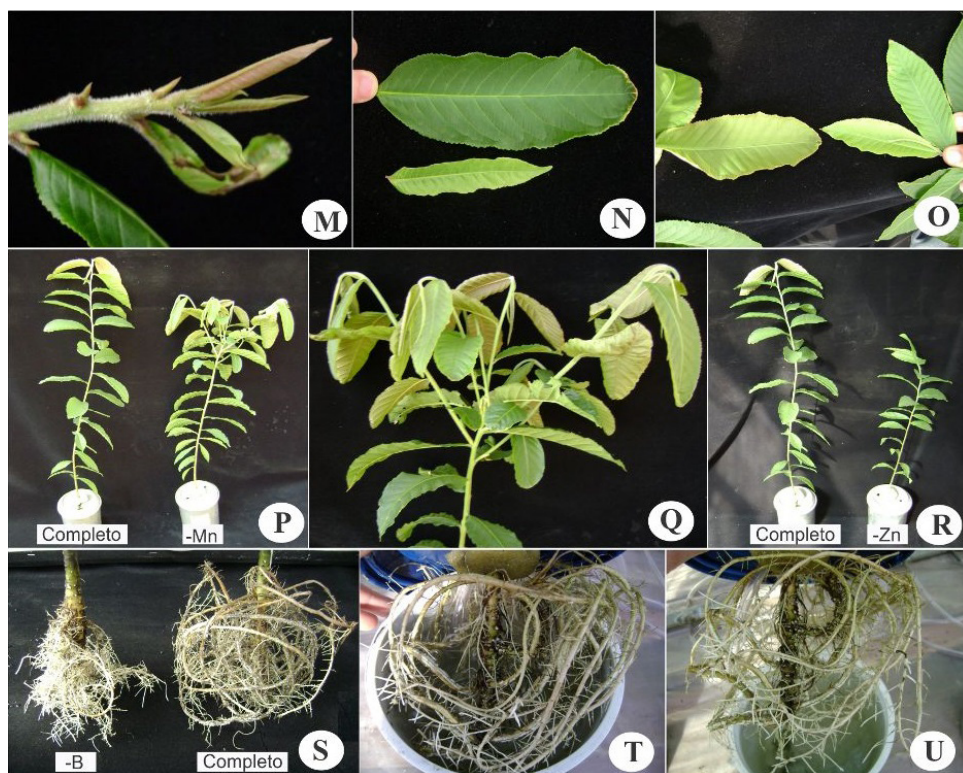
A deficiência de Fe provocou a clorose em folhas novas de sangra d'água (*Croton urucurana* Baill.) (SORREANO et al., 2011), guarita (*Astronium graveolens* Jacq.), embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.) e jequitibá-rosa (*Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze) (SORREANO, 2006). A clorose internerval nas folhas mais novas é um sintoma típico de deficiência induzida de Fe (MALAVOLTA, 1980). Em *Schizolobium amazonicum*, a deficiência de Fe provocou clorose generalizada e intensa, tanto nas folhas jovens quanto nas folhas velhas (MARQUES et al., 2004).

A clorose induzida pela deficiência de Fe aparece, preferencialmente, em folhas mais novas devido à remobilização limitada de Fe (DECHEN; HAAG; CARMELLO, 1991), sendo que a clorose é causada, possivelmente, pela redução na produção de clorofila na planta, causando distúrbio na estrutura do cloroplasto (MALAVOLTA et al., 1997; RÖMHELD, 2001).

As raízes das plantas jovens de jequitibá-branco com deficiência de Fe estavam mais ramificadas e maiores, com alteração na coloração na raiz e da solução nutritiva onde estavam as plantas deficientes em Fe (Figura 2, T e U).

Sintomas idênticos aos acima mencionados foram encontrados em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) cultivadas em solução nutritiva sem Fe (ANDRADE; BOARETTO, 2012).

A alteração na coloração nas raízes, também foi visto em goiabeira (*Psidium guajava* L.) com deficiência de Fe, onde o sistema radicular mostrou-se com tonalidade marrom ou ferruginosa (SALVADOR; MOREIRA; MURAOKA, 1999), em pepino (*Cucumis sativus* L.), onde o sistema radicular mostrou-se



**Figura 2 (M a T).** Sintomas de deficiências de Mn (M, P e Q), de B (S), de Fe (T e U) e de Zn (N, O e R) em plantas jovens de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (jequitibá-branco).  
**Figure 2 (M a T).** Symptoms of deficiencies of the Mn (M, P and Q), B (S), Fe (T and U) and Zn (N, O e R) in young plant of *Cariniana estrellensis* (Raddi).

escurecido (SILVA et al., 2011), e em mamoneira (*Ricinus communis* L.) onde as raízes adquiriram coloração altamente amarronzada e não foi verificado desenvolvimento de gemas axilares (GUARIZ et al., 2012).

O aumento do sistema radicular, causado pela deficiência de Fe pode ser explicado porque em condições de deficiências nutricionais as plantas usam mais energia na produção de raízes para ampliar o potencial de absorção desse nutriente (ZONTA et al., 2006).

A necrose e clorose nas folhas mais novas e no ápice caulinar (Figura 1, J e K) e grande ramificação na região próxima ao ápice caulinar (Figura 2, P e Q) foram sintomas da deficiência de Mn observados em plantas jovens de jequitibá-branco.

A deformação, pontos de necrose no limbo e murchamento dos folíolos também foram sintomas da deficiência Mn em aroeira-pimenteira (ANDRADE; BOARETTO, 2012). Pontuações necróticas por todo o limbo foram encontradas em guarita, tapirarira (*Tapirira guianensis* Aubl.), embaúba, sangua-d'água, monjoleiro (*Acacia polyphylla* DC.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var.) e jequitibá-rosa com deficiência de Mn (SORREANO, 2006).

A clorose das folhas mais novas, com reticulado grosso das nervuras verdes sobre fundo amarelado, devido à distribuição irregular de clorofila, também foi encontrado em plantas de pau-brasil (*Paubrasilia echinata* Lam.) com deficiência em Mn (VALERI et al., 2014).

A necrose no ápice caulinar e as pontuações necróticas nas folhas novas podem ser devido ao aumento na formação de radicais de oxigênio, como consequência da inibição da reação de Hill, em condições de alta intensidade de luz (RÖMHELD, 2001). Com a necrose no ápice caulinar e, conseqüentemente, a morte do meristema apical, há ativação dos meristemas laterais (gemas próximas das folhas) fazendo com que a planta promova a ramificação (SEITZ, 2003), como visto nas plantas com deficiência de Mn (Figura 2, P e Q). Com esta ramificação, as mudas de jequitibá-branco não crescem em altura, o que causa prejuízos em projetos de restauração florestal ecológica que utiliza esta espécie, uma vez que esta, com pequena altura, possui desvantagem na competição com outras espécies, em especial, as espécies espontâneas.

A formação de internódios mais curtos (Figura 1, R), e formação de folhas novas filiformes e com clorose (Figura 2, N e O) foram os principais sintomas de deficiência de Zn encontrados em plantas jovens de jequitibá-branco.

Folhas, geralmente pequenas, estreitas e lanceoladas, sendo as mais novas coriáceas e quebradiças, além de clorose internerval, são sintomas visuais característicos da deficiência de Zn (EPSTEIN, BLOOM, 2006; MALAVOLTA et al., 1997).

Sintomas de deficiência de Zn similares aos descritos para o jequitibá-branco foram relatados para goiabeira (SALVADOR et al., 1999), cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum (FERNANDES et al., 2003) e pau-brasil (VALERI et al., 2014).

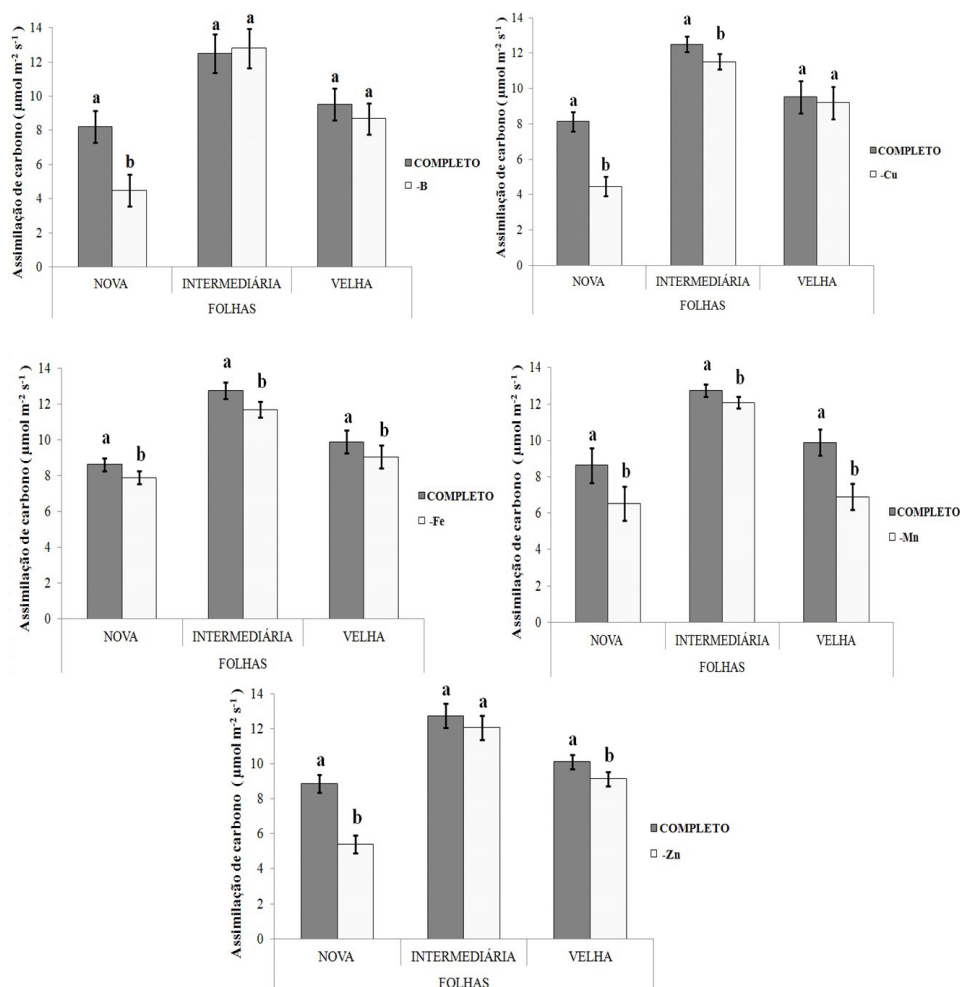
A deficiência de Zn também causou a formação de internódios mais curtos nas plantas jovens de aroeira-pimenteira (ANDRADE; BOARETTO, 2012), *Eucalyptus benthamii* (BRONDANI et al., 2012) e em mudas de castanha-do-maranhão (*Bombacopsis glabra*) (CAMACHO et al., 2014.)

Internódios menores e má formação das folhas são se deve pela participação do Zn como componente estrutural e ativador das enzimas envolvidas no metabolismo do DNA e RNA, na divisão celular e na síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995).

### A assimilação de CO<sub>2</sub>, a transpiração e a produção de biomassa seca.

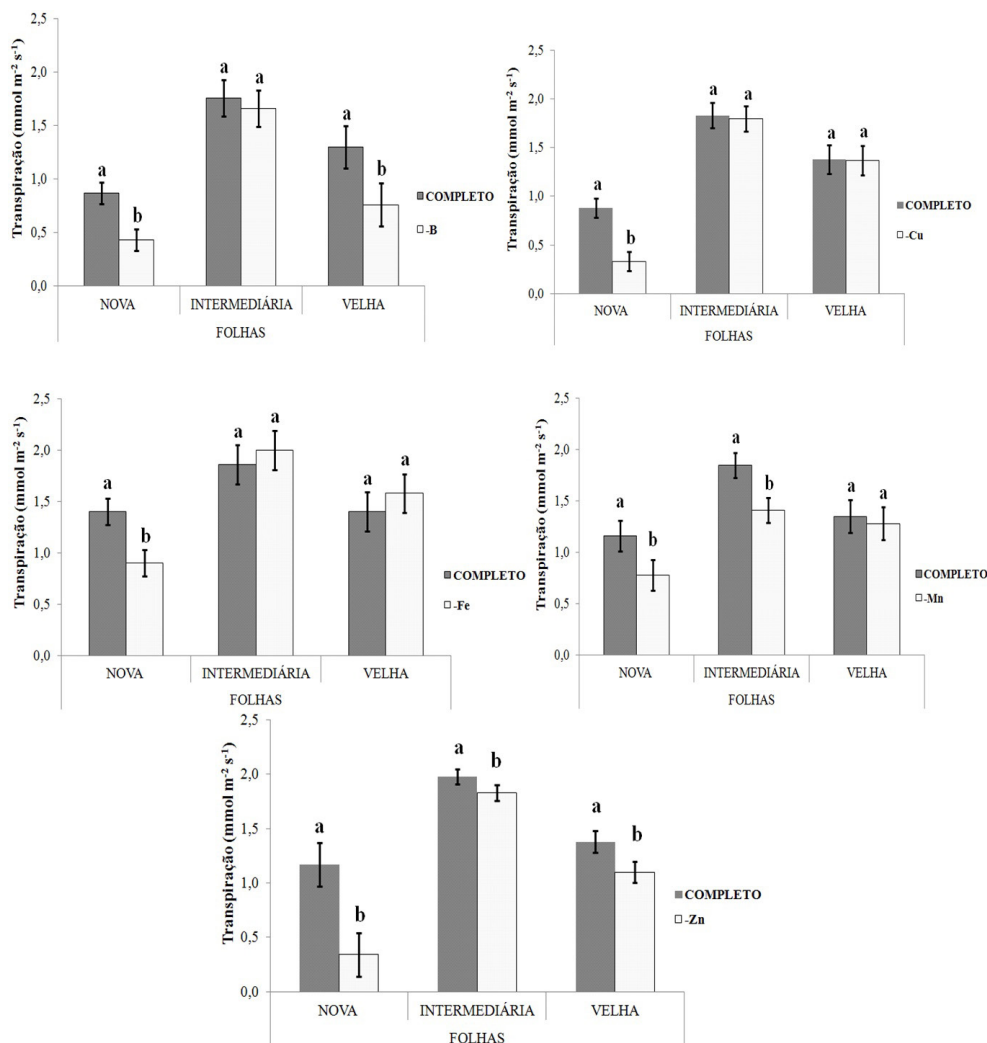
A deficiência de B causou a diminuições nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> nas folhas novas (Figura 3) e de transpiração nas folhas novas e velhas (Figura 4), em relação ao tratamento completo.

A falta de B causa, além da diminuição da área foliar, alterações de compostos presentes nas folhas, pois este micronutriente tem como principais funções o transporte de açúcares, o metabolismo do



**Figura 3.** Assimilação de CO<sub>2</sub> das folhas novas, intermediárias e velhas de jequitibá-branco, submetidas ao tratamento completo e com deficiência de boro (-B), de cobre (-Cu), de ferro (-Fe), de manganês (-Mn), e de zinco (-Zn). As médias seguidas pela mesma letra, dentro das categorias de folhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Figure 3.** Carbon dioxide assimilation by leaves of three parts (new, intermediate and old leaves) of the *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, from control and treatments: Boron deficiency (-B), Copper deficiency (-Cu), Iron deficiency (-Fe), Manganese deficiency (-Mn), and Zinc deficiency (-Zn). Means followed by same letter within the categories of leaves, were not statistically different, by Tukey Test at 5% probability.



**Figura 4.** Transpiração das folhas de três partes das plantas de jequitibá-branco, submetidas ao tratamento completo e com deficiências de boro (-B), de cobre (-Cu), de ferro (-Fe), de manganês (-Mn), e de zinco (-Zn). As médias seguidas pela mesma letra, dentro das categorias de folhas, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Figure 4.** Transpiration by leaves of three parts (new, intermediate and old leaves) of the *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze, from control and treatments: Boron deficiency (-B), Copper deficiency (-Cu), Iron deficiency (-Fe), Manganese deficiency (-Mn), and Zinc deficiency (-Zn). Means followed by same letter within the categories of leaves, were not statistically different, by Tukey Test at 5% probability.

RNA, a síntese do ácido indolacético (AIA), o metabolismo fenólico, a síntese de parede celular, a lignificação e a constituição de estrutura da parede celular (KERBAUY, 2004).

O B também está envolvido em um grande número de rotas metabólicas, e como efeito “cascata”, como é conhecido, por exemplo, para os fitormônios (MALAVOLTA, 2006). A deficiência de B pode também afetar o funcionamento das membranas do cloroplasto, o que compromete o transporte de elétrons nos tilacóides, resultando em fotoinibição (GOLDBACH et al., 2007).

Com prejuízos nas atividades fotossintéticas e com o comprometimento do desenvolvimento das folhas e raízes, a deficiência de B causou consequentemente a diminuição na produção de MSPA e MSTO (Tabela 2).

Assim como neste experimento, a deficiência de B também afetou a produção de MSPA das plantas de angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) (VENTURIN et al., 1999), de candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) (VENTURIN et al., 2000) e de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish) (VENTURIN et al., 2005) e também limitou a produção de MSTO em *Eucalyptus urophylla* (ROCHA-FILHO; HAAG; OLIVEIRA, 1978), em clone híbrido de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (SGARBI et al., 1999) e em mamoneira (GUARIZ et al., 2012).

Em relação ao tratamento completo, a deficiência de Cu causou diminuições nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> nas folhas novas e intermediárias (Figura 3) e de transpiração nas folhas novas (Figura 4),

**Tabela 2.** Matéria seca das folhas (MSF), do caule (MSC), da parte aérea (MSPA), das raízes (MSR) e biomassa total (MSTO) de jequitibá-branco, em função dos tratamentos.

**Table 2.** Dry matter production of leaves (MSF), of stem (MSC), of aerial part (MSPA), of root (MSR) and total (MSTO) of *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kintz, obtained in the treatments.

Tratamentos	MSF (g)	MSC (g)	MSPA (g)	MSR (g)	MSR/MSPA	MSTO (g)
Completo	37 a <sup>(1)</sup>	17 a	54 a	10a	0,17 bc	64 a
Deficiência de B	29 b	12 c	41 b	5 d	0,11 c	46 c
Deficiência de Cu	33 ab	15 b	48 ab	7 c	0,15 bc	55 b
Deficiência de Fe	32 ab	14 b	46 b	14 a	0,29 a	60 ab
Deficiência de Mn	19 c	11 c	30 c	7 c	0,25 a	37 d
Deficiência de Zn	31 ab	15 b	46 b	7 c	0,16 bc	54 b
DMS	6,6	1,6	7,2	2,0	0,1	7,7
Valor de F <sup>(2)</sup>	20	46	30	53	33	37

<sup>(1)</sup> As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si. <sup>(2)</sup> significativo ao nível de 5% de probabilidade.

de jequitibá-branco. O Cu é fundamental para o processo fotossintético e, conseqüentemente, para o desenvolvimento vegetal: além de catalisar vários processos no metabolismo vegetal o Cu é necessário para a formação da clorofila nas plantas, e fundamental para a promoção de diversas reações (ABPPE, 1998).

O Cu participa da oxirredução, na forma iônica de Cu<sup>+2</sup> e Cu<sup>+</sup>, sendo o íon Cu<sup>+</sup> muito instável (TAIZ; ZEIGER, 2004). Com isso, o Cu está associado às enzimas envolvidas em reações de transferência de elétrons, como a plastocianina na fase luminosa da fotossíntese (MALAVOLTA, 2006). A maior parte do Cu, em células foliares, está associada à plastocianina, o doador imediato de elétrons para o fotosistema I, e à dismutase de superóxido que trabalha em conjunto com a catalase para desintoxicar oxidantes (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Em relação ao tratamento completo, a deficiência de Cu causou redução na produção de MSTO em plantas jovens de jequitibá-branco (Tabela 2).

A deficiência de Cu também limitou a produção de MSTO em outras espécies florestais como em mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) (SILVA et al., 2007) e quaresmeira (*Tibouchina granulosa*) (BRAGA et al., 1995).

Embora a deficiência de Fe em jequitibá-branco tenha pouco comprometido a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 3), sendo que a taxa de transpiração apenas diminuiu nas folhas novas, a presença do Fe no processo fotossintético é fundamental. O Fe tem papel importante como componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons nos cloroplastos e nas mitocôndrias (EPSTEIN; BLOOM, 2006), e também é um importante catalisador que ajuda na formação da clorofila (ABPPE, 1998).

Primeiramente, o Fe possui grande capacidade redox (Fe<sup>+3</sup> e Fe<sup>+2</sup>) tornando-o importante nos processos de oxirredução no metabolismo da planta, uma vez que participa na reação de uma grande quantidade de enzimas, fazendo parte de hemoproteína de enzimas como os citocromos e catalase (KERBAUY, 2004). Os citocromos são enzimas importantes na transferência de elétrons na respiração e na fotossíntese, e a catalase é a enzima responsável por fazer a transformação (dismutase) do peróxido de hidrogênio, tóxico às plantas, em água e oxigênio (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O Fe também faz parte de proteínas contendo S, chamadas proteínas Fe-S, as quais atuam no metabolismo da planta (TAIZ; ZEIGER, 2004). Por exemplo, a ferredoxina, que catalisa a transferência de elétrons em um grande número de processos metabólicos, como na fotossíntese, na fixação biológica do N<sub>2</sub>, na redução do sulfato e na redutase do nitrato (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Embora a deficiência de Fe não tenha causado a redução significativa na produção de MSTO em plantas jovens de jequitibá-branco, destaca-se que o Fe aumentou significativamente a massa seca de raízes (Tabela 2), sendo que verificou que as raízes obtidas no tratamento - Fe são mais grossas (Figura 2, T e U). A omissão de Fe em solução nutritiva também não prejudicou o crescimento do jatobá (MATHEUS et al., 2011), assim como em estudo com omissão de nutriente em pequi (*Caryocar brasiliense*) a biomassa seca total de não é afetada pelas omissões de Fe (CARLOS et al., 2014).

O Mn além de ser um ativador enzimático, importante para várias reações metabólicas, também desempenha um papel na fotossíntese, pois é requerido para a integridade da membrana do cloroplasto e para a liberação do oxigênio na fotossíntese (ABPPE, 1998; RAVEN et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004; ZEKRI; OBREZA, 2003). A deficiência de Mn causou diminuição nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub>

em todas as folhas (Figura 3) e da transpiração nas folhas novas e intermediárias (Figura 4), e como consequência houve a menor produção de MSPA e MSTO (Tabela 2).

O Mn faz parte do fotossistema II (FS II), em que a molécula de água é dividida e o gás oxigênio é liberado. A deficiência de Mn na planta reduz o fluxo de elétrons do FS II para o fotossistema I (FS I), ocasionando como efeito a diminuição na produção de compostos redutores (ATP e NADPH) que seriam utilizados na fixação de CO<sub>2</sub> na fase bioquímica (KERBAUY, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

As menores taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e de transpiração foram muito mais pronunciadas nas folhas mais novas de plantas jovens de jequitibá-branco com deficiência de Zn (Figuras 3 e 4), pois é nutriente pouco móvel nas plantas. Isso porque o Zn está envolvido no metabolismo do carbono nas plantas (ZEKRI; OBREZA, 2003), além de auxiliar na síntese de substâncias que atuam no crescimento e nos sistemas enzimáticos, é essencial para a ativação de certas reações metabólicas e é necessário para a produção da clorofila e formação dos carboidratos (ABPPF, 1998).

A produção de MSPA e MSTO (Tabela 2) em plantas jovens de jequitibá-branco deficiente em Zn foi estatisticamente menor quando comprada ao tratamento completo. A necessidade de Zn é fundamental para o desenvolvimento vegetal, pois participa da formação das proteínas ativas na transcrição de DNA, denominadas “dedos de zinco”, sendo que tais proteínas se conectam e identificam sequências de DNA (TAIZ; ZEIGER, 2004). Além disso, mais de oitenta proteínas contendo Zn foram relatadas, sendo que em muitas enzimas, o Zn é exigido no sítio ativo, como a anidrase carbônica, dismutase de superóxido (juntamente com Cu) e dehidrogenase de álcool (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Trabalhos com espécies florestais nativas e exóticas de interesse comercial evidenciam que estas espécies são pouco exigentes de Zn, quando jovens. Em castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) (CAMARGO; MURAOKA, 2007), em aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) (MENDONÇA et al., 1999) e em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla* (SGARBI et al., 1999), a omissão de Zn não foi limitante ao crescimento das plantas.

Apesar das espécies florestais nativas e exóticas serem pouco exigentes em Zn, sendo que o conteúdo da semente pode colaborar para o suprimento inicial desse nutriente (LANGE et al., 2005), é comum encontrar deficiência desde nutriente em viveiros de mudas, causado principalmente pelo elevado teores de P nos solos adubados (IORIO et al., 1996; OLSEN, 1972).

## CONCLUSÃO

A deficiência nutricional de B, de Cu, de Fe, de Mn e de Zn causaram sintomas visuais em plantas jovens de jequitibá-branco.

A deficiência de B e de Mn causou diminuição nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e de transpiração de jequitibá-branco o que, por consequente, limitou à produção de biomassa seca.

A deficiência de Cu, Zn e Fe não causou efeitos estatisticamente significativos quanto à produção de biomassa seca das plantas jovens de jequitibá-branco.

O jequitibá-branco possui exigência nutricional de micronutriente, em especial B e Mn, durante o processo de formação de mudas, sendo que a não complementação nutricional destes elementos pode comprometer o sucesso de projetos de restauração florestal ecológica que utilizar esta espécie florestal nativa.

## REFERÊNCIAS

ABPPF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Manual internacional de fertilidade do solo**. Piracicaba: ABPPF, 1998.

ALFONSI, E. L.; FAHL, J. L.; CARELLI, M. L. C.; FAZUOLI, L. C. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de Coffea com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 1- 13, 2005.

ANDRADE, M. L. F. **Deficiência nutricional em três espécies florestais nativas brasileiras**. 156 p. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências: Biologia na Agricultura e no Ambiente) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ANDRADE, M. L. F.; BOARETTO, A. E. Deficiência nutricional em plantas jovens de aroeira-pimenteira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 95, p. 383-392, 2012.

- ANEZ, L. M. M.; COELHO, M. F. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; DOMBROSKI, J. L. D. Caracterização morfológica dos frutos, das sementes e do desenvolvimento das plântulas de *Jatropha elliptica*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p.563-568, 2005.
- BATAGIN, K. D. **Análises anatômo-fisiológicas de folhas de pupunheiras cultivadas in vitro, ex vitro e in vivo visando otimizar o protocolo de aclimatização**. 2008. 110 p. Dissertação (Mestrado em Anatomia Vegetal). - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- BOARETTO, A. E.; ABREU JÚNIOR, C. A.; LAVRES JÚNIOR, J. **Os desafios da nutrição mineral de plantas**. In: PRADO, R. M.; WADT, P. G. S. Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras. Jaboticabal: FCAV/ CAPES, 2014. p. 27-53.
- BRAGA, F. A.; VALE, F. R.; VENTURIN, N.; AUBERT, E.; LOPES, G. A. Exigências nutricionais de quatro espécies florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 1, p.18-32, 1995.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; GROSSI, F.; DUTRA, L. F.; ARAUJO, M. A. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: sobrevivência de minicepas e produção de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 11-21, 2012.
- CAMACHO, M. A.; CAMARA, A. P.; ZARDIN, A. R. Diagnose visual de deficiência de nutrientes em mudas de *Bombacopsis glabra*. **Cerne**, Lavras, v.20, n.3, p. 427-431, 2014.
- CAMARGO, S. L.; MURAOKA, T. Teores, acúmulo e redistribuição de micronutrientes em castanheira do Brasil. **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 9, p. 144-154, 2007
- CARLOS, L. N.; VENTURIN, R. L. G.; MACEDO, E. M.; HIGASHIKAWA, M. B.; GRACIAAND, E. S. Crescimento e nutrição mineral de mudas de pequi sob efeito da omissão de nutrientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 13-21, 2014.
- DECHEN, A. R.; HAAG, H. P.; CARMELLO, Q. A. C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds). **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991. p.65-78
- DRESCHER, P.; ZECH, W. Foliar nutrient levels of broad leaved tropical trees: a tabular review. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 131, p. 29-46, 1991.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006.
- FERNANDES, A. R., GUEDES, J. G.; MELO, P. C. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.). **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 221-230, 2003.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO D. G., CARNEIRO J. G. A., PENCEL, R. M., LAMÔNICA, K. R., FERREIRA, D. A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.
- GOLDBACH, H. E.; HUANG, L.; WIMMER, M. A. Boron functions in plants and animals: recent advances in boron research and open questions: In X.U., F. (Eds). **Advances in plant and animal boron nutrition**. Wuhan: Springer, 2007. p. 3 - 25.
- GUARIZ, H. R.; PICOLI, M. H. S.; CAMPANHARO, W. A.; SPERANDIO, H. V. Descrição sintomatológica de deficiência nutricional na mamona durante seu desenvolvimento inicial. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 07-12, 2012.
- HEWITT, E. J.; SMITH, T. A. **Plant mineral nutrition**. London: The English Universities, 1975. 298 p.
- INOUE, M.T.; RIBEIRO, F. A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, Piracicaba, n. 40, p. 15-20, 1988
- IORIO, A. F.; GORGOSCHIDE, L.; RENDINA, A.; BARROS, M. J. Effect of phosphorus, copper, and zinc addition on the phosphorus/copper and phosphorus/zinc interaction in lettuce. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 19, n. 3/4, p. 481-491, 1996.
- JOHNSON, C. M.; STOUT, P. R.; BROYER, T. C.; CARLTON, A. B. Comparative chlorine requirements of different plant species. **Plant and Soil**, The Hague, v. 8, p. 337-353, 1957.

- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- LANGE, A.; MARTINES, A. M.; SILVA, M. A. C.; SORREANO, M. C. M.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Efeito de deficiência de micronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Íris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 61-67, 2005.
- LIMA, S. F.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, C. A. S.; CORRÊA, F. L. O. Comportamento do paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.) submetido a aplicação de doses de boro. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2, p.192-204, 2003.
- LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2 ed. Nova Odessa: Editora Platarum, 2002. v. 2.
- MAFFEIS, A. R.; SILVEIRA, R. L. V. A.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, jun. 2000
- MALAVOLTA E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica, Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E. **Elemento de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1980. 252 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARQUES, T. C. L. L. S. M.; CARVALHO, J. G.; LACERDA, M. P. C.; MOTA, P. E. F. Crescimento inicial do paricá (*Schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p.184-195, 2004.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995.
- MATHEUS, M. T.; AMARAL, J. A. T.; SILVA, D. G. G.; NEVES, D. M.; PIZZOL, E. C. S.; SOUSA, F. C.; SANTI, G. C.; GUARIZ, H. R.; LIMA, K. A.; HOFFMANN, R. G. Sintomas de deficiência nutricional em Jatobá. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 17, n. 1, p. 89-97, 2011.
- MENDONÇA, A. V. R.; NOGUEIRA, F. D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J. S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuwa* Fr. All. (Aroeira-do-sertão). **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p 65-75, 1999.
- MORAES-DALLAQUA, M. A.; BELTRATI, C. M.; RODRIGUES, J. D. Anatomia de ápices radiculares de feijão cv. Carioca submetidos a níveis de boro em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 425-430, 2000.
- NEVES, A. D. **Estimativa do nível de dano de *Orthezia praelonga* Douglas, 1891 e de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) por variáveis fisiológicas vegetais**. 88 p. 2004. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- OLSEN, S. R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, I.I.; GIORDANO, R.M.; LINDSAY, W.L. **Microautrients in agriculture**. Madison: SoU Science Society of America, 1972. p. 243-264.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. E.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- REIS, B. E.; PAIVA, H. N.; BARROS, T. C.; FERREIRA, A. F.; CARDOSO, W. C. Crescimento e qualidade de mudas de Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.
- RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.
- ROCHA FILHO, J. V. C.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 35, p.19-34, 1978.
- ROMERO, R. R. **Resposta fisiológica de plantas de *Eucalyptus grandis* à adubação com potássio ou sódio**. 56 p. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

- RÖMHELD, V. Aspectos fisiológicos dos sintomas de deficiência e toxicidade de micronutrientes e elementos tóxicos em plantas superiores. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafos, p. 71-85. 2001.
- SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Sintomas visuais de deficiência de micronutrientes e composição mineral de folhas de mudas de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 249-255, 1999.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 54 p.
- SEITZ, R. A. **A poda de árvores urbanas**. Curitiba: FUPEF, 2003. 40 p. (Série Técnica, n. 19).
- SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N. & CAMARGO, M.A.F. Crescimento e produção de biomassa de clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de deficiência de macronutrientes, B e Zn. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 69-82, 1999.
- SILVA, G. F.; FONTES, P.C.R.; LIMA, L.P.F.; ARAÚJO, T.O.; SILVA, L.F. Aspectos morfoanatômicos de plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) sob omissão de nutrientes. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 13 - 20, 2011.
- SILVA, W. G.; TUCCI, C. A. F.; HARA, F. A. S.; SANTOS, R. A. C. Efeito de micronutrientes sobre o crescimento de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King) em Latossolo amarelo. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 371-376, 2007.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; MOREIRA, A.; TAKASHI, E. N.; SGARBI, F.; BRANCO, E. F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n.2, p.107-116, 2002.
- SORREANO, M. C. M. **Avaliação da exigência nutricional na fase inicial de crescimento de espécies florestais nativas**. 2006. 296 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- SORREANO, M. C. M.; MALAVOLTA, E.; SILVA, D. H.; CABRAL, C. P., RODRIGUES, R. R. Deficiência de macronutrientes em mudas de sangra d’água (*Croton urucurana*, Baill.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 347-352, 2011.
- SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. Adubação mineral do ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 261-270, 2006
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004. 719 p.
- VALERI, S. V.; PIZZAIA, L. G. E.; SÁ, A. F. L.; CRUZ, M. C. P. **Efeitos da omissão de nutrientes em plantas de *Caesalpinia echinata***. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 73-79, 2014
- VENTURIN, N.; SOUZA, P.A.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Avaliação nutricional da candiúva (*Trema micrantha* L. Blumes) em casa de vegetação. **Floresta**, Curitiba, v. 29, n. 1/2, p. 15-26, 2000.
- VENTURIN, N.; SOUZA, P. A.; MACEDO, R. L. G.; NOGUEIRA, F. D. Adubação mineral da candeia (*Eremanthus erythropapus* (DC.) Mcleish). **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 2, 2005. p. 211-219, 2005.
- VENTURIN, N.; DUBOC, E.; VALE, F.R.; DAVIDE, A. C. Adubação mineral do angico-amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 441-448, 1999
- ZEKRI M.; OBREZA A. **Plant nutrients for citrus trees**. Florida: Soil and Water Science Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2003.
- ZONTA, E.; BRASIL, F.; GOI, S.R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M.S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7-52.

Recebido em: 13/11/2017

Aceito em: 02/10/2018