



ARTIGO

Crestamento abiótico em mudas de clones de guaranzeiro sob condições de encharcamento na região central do Estado do Amazonas

Abiotic blight on Guarana clone seedlings under wet soil conditions in the central region of the State of Amazonas, Brazil

José Clério Rezende Pereira¹
Adônis Moreira^{2*}
Larissa Alexandra Cardoso Moraes²
Luadir Gasparotto¹

¹Embrapa Amazônia Ocidental, 69010-970, Manaus, AM, Brasil

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Rod. Carlos João Strass, Zona Rural, 86001-970, Londrina, PR, Brasil

Autor Correspondente:

*E-mail: adonis@cnpso.embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Paullinia cupana var. *sorbilis*
Amazônia
Produção de mudas
Estado nutricional
Fertilidade do solo

KEYWORDS

Paullinia cupana var. *sorbilis*
Amazon
Seedling yield
Nutritional status
Soil fertility

RESUMO: Em solos encharcados, ocorre o aumento dos teores de ferro (Fe) e manganês (Mn) disponíveis no solo, podendo ocasionar anomalias foliares, como observado em diferentes clones de guaranzeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE], em Manaus-AM. Com o objetivo de detectar essas alterações visuais, foram avaliadas mudas dos clones de guaranzeiro CMA 347, CMU 613, CMU 626 e CMU 871 cultivadas em condições de viveiro no período de alta quantidade de chuva na região Amazônica. Selecionaram-se mudas com e sem sintomas de crestamento para diagnósticos fitopatológicos, fertilidade do solo (pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Al³⁺, H⁺+Al³⁺, Cu²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ e Zn²⁺) e estado nutricional (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mn e Zn). Verificou-se que os clones CMU 613 e CMU 871 foram sensíveis ao encharcamento, acarretando crestamento foliar com maior acúmulo de Fe e Zn nas folhas. Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu e Zn não foram influenciados pelas condições de encharcamento do solo e anomalia foliar.

ABSTRACT: In waterlogged soils, there is an increase in the soil concentrations of available iron (Fe) and manganese (Mn), which may cause abnormalities in leaves, as observed in seedling clones of Guarana [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE] in Manaus, State of Amazonas, Brazil. The objective of this study was to detect these visual changes in different clones of Guarana (CMA 347, CMU 613, CMU 626, and CMU 871), grown in nursery conditions in the high rainfall in the Amazon region. Seedlings, with and without symptoms of blight, were selected for phytopathological, soil fertility (pH, P, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Al³⁺, H⁺+Al³⁺, Cu²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺ and Zn²⁺) and nutritional status (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Fe, Mn and Zn) analyses. It was possible to verify that clones CMU 613 and CMU 871 were susceptible to waterlogging, resulting in abiotic blight and large accumulation of Fe and Zn in leaves. Foliar concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu and Zn were not affected by waterlogging conditions and leaf abnormality.

1 Introdução

O guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE] representa uma fonte de renda alternativa para as populações amazônicas, e dessa forma, contribui para a diminuição do êxodo rural na região. Não obstante o interesse por parte dessas populações pelo cultivo do guaranazeiro, a utilização de clones com alto potencial de produção (PEREIRA, 2005) é, na sua quase totalidade, restrita a grandes produtores. No caso da agricultura familiar, a sua produtividade é baixa em razão da elevada heterogeneidade do material cultivado, que é proveniente de sementes; como consequência, as plantas apresentam-se com produções diferentes e susceptíveis às doenças e pragas (ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2007).

Com a introdução de clones de guaranazeiro com alto potencial produtivo e tolerantes a inúmeras doenças (PEREIRA, 2005), a produção vem aumentando gradativamente na região; porém, existem poucas pesquisas com a cultura na área fitotécnica e alguns fatores de manejo necessitam ser mais bem estudados, como, por exemplo, a fase de enviveiramento para produção de mudas, para evitar problemas como aquele observado no viveiro no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, localizado no município de Manaus, AM. Nesse viveiro, após o período chuvoso, que compreende os meses de dezembro a maio (ANTÔNIO, 2010), 100% das mudas dos clones CMU 871 e 85% das mudas do clone CMU 613 apresentaram crestamento nas folhas e interrupção do crescimento, enquanto nenhuma das mudas dos clones CMA 347 e CMU 626 eram sintomáticas. Esses quatro clones são caracterizados por alta produtividade e resistência ou tolerância a inúmeras doenças (PEREIRA, 2005).

No período chuvoso, as plantas dos clones CMU 871 e CMU 613 apresentaram sintomas que se iniciaram pelos folíolos 2 e 3, propagando-se para o 1 e, finalmente, pelos 4 e 5. O guaranazeiro possui folhas compostas, imparipenadas, com cinco folíolos, sendo que a anomalia foliar foi caracterizada pela formação de manchas de formato irregular, coloração marrom claro do tipo anasarca e com distinção simétrica no folíolo e entre folíolos opostos. Com o progresso da doença, as manchas adquiriram coloração cinza-palha, característica de tecidos foliares dessecados. Embora proporções significativas do limbo sequem, não ocorre queda de folíolos, pois as nervuras principais e secundárias permanecem verdes e, portanto, viáveis. Dessa forma, com reduzida área fotossinteticamente ativa, as plantas tiveram seu desenvolvimento prejudicado. Os sintomas permaneceram durante longos períodos chuvosos, acumulando-se água no substrato e tornando-o pastoso. Quando essas mesmas plantas com problema foram transplantadas para sacolas maiores, em substrato não encharcado, os sintomas não apareceram nas folhas novas ou recém-lançadas.

As análises fitopatológicas realizadas nas plantas com sintomas e sem sintomas indicaram ausência de patógenos; com isso, os resultados levaram à conclusão de que o efeito era de caráter abiótico e, provavelmente, causado pela toxidez ou deficiência de algum nutriente, cujas características se assemelhavam àquelas relacionadas ao Fe e ao Mn (ARRUDA; MOREIRA; PEREIRA, 2007). No caso do Fe, suas funções metabólicas nas plantas estão relacionadas, principalmente,

à formação de complexos estruturais e à transferência de elétrons na fotossíntese, além de ser constituinte de citocromos e participar da respiração. O Mn atua no transporte de elétrons na fotossíntese, nos processos de oxidação, nas reações de descarboxilação e hidrólise, e na síntese de proteínas (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

Partindo desses fatos, o objetivo foi verificar e comprovar quais os fatores que acarretaram o crestamento em plantas dos clones de guaranazeiro CMU 871 e CMU 613 quando comparados com os clones CMA 347 e CMU 626, tendo sido todos esses clones cultivados em condições de viveiro no período de alta intensidade pluviométrica na região central do Estado do Amazonas.

2 Material e Métodos

Amostras foram novamente coletadas, tendo sido refeitas as observações visuais nas mudas de clones de guaranazeiro CMA 347, CMU 613, CMU 626 e CMU 871, cultivadas em condições de viveiro telado, no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA), localizado nas coordenadas geográficas 2°53' 29, 14" S e 59° 58' 39, 90" W, município de Manaus, Estado do Amazonas.

Para os estudos de fertilidade do solo, o substrato utilizado foi caracterizado pela presença de composto de terriço de mata nativa com baixa fertilidade natural (MOREIRA; FAGERIA, 2009) e areia, na proporção de 4:1. Para cada metro cúbico de terriço, foram acrescentados 3,0 kg de superfosfato simples [fonte de P (18% de P_2O_5), Ca (18%) e S (12%)]. Após a fosfatagem, o substrato foi colocado em sacolas plásticas medindo 24 × 18 cm, com 0,15 mm de espessura e 24 furos de 5,0 mm de diâmetro. O teor médio de carbono orgânico presente no substrato foi de $25,0 \pm 0,2$ g kg^{-1} . Para a produção das mudas, foram retiradas estacas de ramos novos não lignificados do jardim clonal do CPAA, no período de março a maio (PEREIRA, 2005).

Antes do plantio nas sacolas, as estacas dos clones apresentavam comprimento variando de 20 a 30 cm, com uma folha completa e uma gema vegetativa. Na base das estacas, foi aplicada uma solução de ácido indol butírico (AIB) a 2.000 mL L^{-1} (5,0 g de AIB em 2.400 g de talco inerte). Após a aplicação do indutor, as estacas foram transferidas para as sacolas contendo substrato, no qual se abriu um orifício de 3,0 a 5,0 cm de profundidade para o plantio da estaca. Com a colocação das mesmas no substrato, as sacolas foram transferidas para um viveiro com sombreamento de 50 a 70% por um período de sete a nove meses (PEREIRA, 2005). Nos primeiros três meses, os folíolos das estacas foram mantidos umedecidos via nebulização intermitente para prevenir a dessecação. A partir desse período, dependendo das condições climáticas, as mudas foram irrigadas com aspersores uma vez ao dia.

Por causa da severidade da doença, procurou-se, inicialmente, direcionar os trabalhos de prospecção e acompanhamento da evolução do problema, e, então, identificar o provável agente etiológico. Entretanto, foram feitas novamente as análises fitopatológicas e todos os testes e análises efetuados confirmaram o anterior e ofereceram resultados negativos para as doenças que ocorrem em viveiro

de guaranazeiro, tais como: queima-do-fio, causada pelo fungo *Koleroga noxia* (sin *Pellicularia koleroga*); mancha concêntrica, por *Rhizoctonia solani*; mancha angular, pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *guaranicola*; mancha-de-alga, por *Cephaleurus mycoidea*, e antracnose, pelo fungo *Colletotrichum guaranicola* (PEREIRA, 2005).

De acordo com as observações visuais, os clones CMA 347 e CMU 626 (assintomáticos) foram considerados como testemunhas na comparação com os clones CMU 613 e CMU 871 (sintomáticos). Para análise foliar e avaliação fitopatológica, cada repetição foi constituída pelos folíolos 1, 2 e 3 das terceiras ou quartas folhas definitivas, com o limbo completamente expandido, ou seja, fisiologicamente maduro (ARRUDA et al., 2007). Estes foram coletados no viveiro, em cinco plantas dos clones com e sem sintomas típicos do crestamento abiótico.

Na avaliação da fertilidade, os solos das sacolas contendo o substrato de cada muda foram divididos em três camadas (0 a 8 cm; 9 a 16 cm; 17 a 24 cm de profundidade), amostrando-se o solo de cada parte. Após a remoção das raízes, as amostras de solo foram secas ao ar (TFSA), passadas em peneira de malha de 2,0 mm e transportadas para o laboratório da Embrapa Amazônia Ocidental para determinação dos atributos químicos do solo (pH em água, P, K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn disponível, Ca, Mg, H+Al e Al trocável), conforme as metodologias descritas pela Embrapa (1997) e por Moreira et al. (2004).

Com relação às folhas e raízes, os teores de N foram determinados por destilação (Kjeldahl) e os teores de P e B, por colorimetria com molibdato de amônio e azometina H, respectivamente. Os teores de S foram quantificados por turbidimetria em cloreto de bário, enquanto os de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mg e Zn foram obtidos por espectrofotometria de absorção atômica (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Em função da homogeneidade do local, os resultados das análises de solo nas diferentes profundidades e das plantas dos quatro clones de guaranazeiro foram arranjados em delineamento inteiramente casualizado e submetidos ao teste de normalidade, e posteriormente à análise de variância (ANOVA), teste F e os contrastes entre médias com o teste de Tukey a 5% de probabilidade (PIMENTEL GOMES; GARCIA, 2002).

3 Resultados e Discussão

No período compreendido entre dezembro e maio, quando se registra alta intensidade de chuvas na região central do Estado do Amazonas (ANTÔNIO, 2010), verificou-se, no acompanhamento do desenvolvimento das plantas, a presença de um gradiente de crestamento das folhas dos clones CMU 871 e CMU 613, o qual foi semelhante ao observado anteriormente, com aparecimento simétrico de sintomas de amarelecimento no primeiro par de folhas progredindo para dentro do folíolo (Figura 1). Nas plantas mais afetadas, após a necrose, as folhas permaneceram nos galhos inibindo novas brotações, confirmando as primeiras observações.

Tais características visuais, com os sintomas foliares simétricos em todas as folhas, confirmaram as premissas anteriores que indicaram ser o problema possivelmente causado pela toxidez ou por deficiência nutricional (MALAVOLTA,

2006; FAGERIA, 2009), o que foi novamente confirmado com os testes negativos de isolamento dos patógenos novamente realizados a partir de lesões presentes nas folhas das mudas de guaranazeiro.

Com relação à fertilidade do substrato, nas mudas dos clones CMU 613 e CMU 871, os atributos químicos nas camadas de 0-8 cm, 9-16 cm e 17-24 cm de profundidade apresentaram diferenças significativas entre os clones apenas para os teores de fósforo (P), potássio (K⁺) disponível e cálcio (Ca²⁺) trocável (Tabela 1). Nos casos do P e do Ca²⁺, a provável causa se deva à aplicação de quantidades diferentes de superfosfato simples com 18% de P₂O₅ e 18% de Ca,



Figura 1. Gradiente dos sintomas do crestamento abiótico em folhas de mudas de guaranazeiro, clone CMA 871, sob condições de solo encharcado.

Tabela 1. Atributos químicos do solo em três profundidades em sacos com substrato cultivado com as mudas dos clones de guaranazeiro CMU 613 e CMU 871 que apresentavam sintomas de crestamento.

Profundidades cm	pH		C		P	
	água		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871
0-8	4,1aA	4,1aA	24,9aA	24,5aA	25,3aB	70,0aA
9-16	4,0aA	4,0aA	24,9aA	25,4aA	30,0aB	63,7abA
17-24	4,0aA	3,9aA	25,9aA	24,2aA	27,7aB	56,0bA
	K		Ca		Mg	
	mg kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	
	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871
0-8	15,0aB	98,7aA	0,15aB	0,29aA	0,04aA	0,05aA
9-16	14,5aB	58,0bA	0,13aB	0,33aA	0,04aA	0,05aA
17-24	15,0aB	40,0bA	0,15aB	0,29aA	0,04aA	0,05aA
	Na		H+Al		Cu	
	mg kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³		mg kg ⁻¹	
	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871
0-8	2,0aA	3,0aA	10,6aA	10,6aA	0,3aA	0,3aA
9-16	2,0aA	3,0aA	10,2aA	10,6aA	0,3aA	0,3aA
17-24	2,0aA	2,5aA	10,7aA	10,2aA	0,3aA	0,3aA
	Fe		Mn		Zn	
	mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871	CMU 613	CMU 871
0-8	280,0aA	254,0bA	4,5aA	3,6aA	1,1aA	1,1aA
9-16	299,0aA	353,0aA	4,3aA	3,2aA	1,1aA	1,4aA
17-24	309,0aA	262,0bA	3,5aA	3,1aA	1,3aA	1,3aA

¹Médias seguidas por letras minúsculas distintas dentro de cada atributo químico do solo nas colunas de cada clone e maiúscula entre clones na linha dentro da mesma profundidade e atributo químico do solo diferem entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

ocasionada por falha de homogeneização na fabricação do substrato e/ou na amostragem de solo em local de maior concentração do fertilizante dentro do próprio saquinho, visto que o P e o Ca são imóveis no solo e que a fonte utilizada foi granulada, o que pode ter influenciado nesse resultado com o clone CMU 871.

Para o K disponível, apesar das diferenças observadas entre os substratos de cada clone, este estava, à exceção da camada de 0-8 cm no clone CMU 871, abaixo dos níveis de 71 a 120 mg dm⁻³ indicados por Alvarez Venegas et al. (1999) como adequados. Esses teores mostram que, nas condições estudadas, com dominância da caulinita nas argilas, a quantidade de K disponível para as plantas está associada ao teor e à qualidade da matéria orgânica no substrato (LOPES, 1982). A variabilidade observada nos teores de K indica que solos provenientes de uma mata nativa podem exibir uma heterogeneidade natural.

Com relação ao estado nutricional das mudas de guaranazeiro, os teores foliares de N ficaram abaixo da faixa de 45 a 50 g kg⁻¹ indicada como adequada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Os teores foliares de Fe nos clones CMU 613 e CMU 871 e de Mn nos quatro clones avaliados ficaram acima dos níveis de 106,0 a 137,0 mg kg⁻¹ de Fe e 105,0 a 160,0 mg kg⁻¹ de Mn, considerados adequados por Oliveira e Oliveira (2004) (Tabela 2), confirmando os resultados visuais. Além dos baixos valores do índice pH, que aumentam

a disponibilidade dos micronutrientes metálicos para as plantas (MALAVOLTA, 2006), o Fe, quando em condições de encharcamento, potencializa o processo de oxirredução, no qual bactérias anaeróbicas reduzem o Fe³⁺ a Fe²⁺, aumentando a disponibilidade para as plantas e provocando toxidez (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006). Esse sintoma mostra-se agravado em solos que, naturalmente, contêm altos teores do nutriente disponível, como os solos da região (MOREIRA; MALAVOLTA, 2002), resultado esse também detectado nos teores contidos nas raízes e nas folhas dos clones CMU 613 e CMU 871 (Tabela 2).

Nessa situação de anaerobiose, também pode ocorrer a indução de deficiências nutricionais de outros nutrientes catiônicos por toxicidade de Fe (DUARTE; VOLTAN; FURLANI, 1993), ocasionadas pelo revestimento das raízes com óxido de Fe, que reduz a capacidade de absorção radicular de outros nutrientes pelas plantas. Com relação aos teores foliares de Cu, Fe e S nos clones CMA 347 e CMU 626, mesmo com a similaridade na confecção dos substratos (Tabela 1), esses ficaram abaixo dos níveis indicados por Oliveira e Oliveira (2004) como adequados. Segundo Malavolta (2006) e Fageria (2009), características genéticas distintas de cada planta também podem influenciar a eficiência na absorção e na utilização de nutrientes.

Os teores foliares elevados de Mn verificados nos quatro clones estudados (Tabela 2) podem ser explicados pelas

Tabela 2. Teores foliares de nutrientes nas folhas e raízes dos clones CMU613 e CMU 871 (com sintomas avançados de crestamento) e nos clones CMA 347, CMU613, CMU 626 e CMU 871 (os dois primeiros sem e os dois últimos com sintomas iniciais de crestamento foliar)¹.

Clones	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
clones com sintomas avançados de crestamento												
CMU 613	24,0	2,9	10,9	6,3	1,3	1,9	320,0	20,4	17,7	160,0	122,4	65,6
CMU 871	27,9	2,1	11,9	7,9	1,1	2,2	160,0	18,4	11,7	281,1	108,0	60,4
raízes												
CMU 613	10,1	0,7	1,7	5,0	0,5	0,7	820,0	7,7	14,2	809,0	32,7	60,3
CMU 871	10,6	1,1	5,1	8,9	1,3	1,1	620,0	10,0	11,5	2220,6	27,9	49,7
clones com e sem sintomas iniciais de crestamento												
CMA 347	19,5b	2,9a	5,9b	4,4a	1,0a	1,2b	313,0bc	26,8a	11,7b	59,6b	189,9a	32,0c
CMU 613	23,0b	2,7a	8,7b	3,9a	1,2a	1,4b	447,0ab	20,6a	18,1a	208,8a	169,4a	60,4b
CMU 626	21,9b	2,5a	6,7b	4,7a	0,9a	1,3b	547,0a	26,9a	14,2ab	86,7b	171,7a	38,8c
CMU 871	28,6a	2,1a	17,8a	4,6a	1,1a	2,5a	240,0c	20,1a	10,2b	239,6a	198,3a	198,3a

¹Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si no nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

condições contínuas de umedecimento do solo em decorrência do excesso de chuvas característico da região (ANTÔNIO, 2010), facilitando a redução do Mn, e pela drenagem lenta do substrato das sacolas, dificultando a lixiviação do Mn reduzido. A baixa infiltração de água no solo decorrente do grande volume de água, induzindo a ocorrência do encharcamento durante as chuvas, e os elevados teores de Mn facilmente redutível, conforme diagnosticado por Valadares e Camargo (1983), em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, justificam os elevados teores de Mn nas plantas cultivadas no viveiro. Além disso, Almeida e Sfredo (1979) verificaram que solos com acidez elevada, típicos da região (MOREIRA; FAGERIA, 2009), potencializam a toxidez de Mn nas plantas. Outro nutriente influenciado pelas condições de manejo foi o Zn: os clones CMA 347 e CMU 626, sem sintomas de crestamento, apresentaram, na média, os menores teores foliares, 32,0 mg kg⁻¹ e 38,8 mg kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Os nutrientes nas folhas ficaram dentro, pouco acima ou pouco abaixo das faixas consideradas adequadas por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), Oliveira e Oliveira (2004) e Arruda et al. (2007), tais como: N (35,0 a 50,0 g kg⁻¹), P (1,3 a 4,0 g kg⁻¹), K (3,0 a 15,0 g kg⁻¹), Ca (3,0 a 6,1 g kg⁻¹), Mg (1,9 a 3,6 g kg⁻¹), S (1,2 a 2,0 g kg⁻¹), B (18,0 a 105,0 mg kg⁻¹), Cu (12,5 a 23,0 mg kg⁻¹) e Zn (39,4 a 42,7 mg kg⁻¹). Apesar de essas faixas de interpretação indicarem teores tidos como adequados, são necessários estudos mais aprofundados de adaptabilidade e calibração da fertilidade do solo, e do estado nutricional, para determinar as faixas críticas dos nutrientes para o cultivo de diferentes clones de guaranazeiro em condições edafoclimáticas distintas. No caso do Na, não foram encontrados na literatura teores tidos como adequados para o guaranazeiro.

4 Conclusões

Nos períodos de alta intensidade de chuvas, não se recomenda a produção de mudas dos clones CMU 613 e CMU 871, em viveiros a céu aberto;

O crestamento nas folhas do guaranazeiro ocorreu sob condições de encharcamento em razão dos altos teores foliares

de Fe e Zn na planta, associadas possivelmente a um múltiplo estresse nutricional; e

Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu e Zn nos clones CMA 347, CMU 613, CMU 626 e CMU 871 não foram influenciados pelas condições de encharcamento do solo.

Agradecimentos

Aos funcionários Concita Campelo, Emanuel Alencar e Ricardo Pessoa Rebelo da Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA), pelas análises de tecido vegetal, fertilidade do solo e fitopatológicas, respectivamente.

Referências

- ALMEIDA, A. M. R.; SFREDO, G. J. Encrespamento foliar e nanismo de plantas de soja, associados à toxidez de manganês. *Fitopatologia Brasileira*, v. 4, p. 333-335, 1979.
- ALVAREZ VENEGAS, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CATARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais*. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- ANTÔNIO, I. C. *Boletim Agrometeorológico 2009*: Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental, no km 29 da Rodovia AM 010. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. 26 p.
- ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; PEREIRA, J. C. R. Aplicação de micronutrientes no guaranazeiro. In: PEREIRA, J. C. R.; ARRUDA, M. R. *Pesquisa com guaranazeiro na Embrapa Amazônia Ocidental*: status atual e perspectivas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. p. 235-241.
- ARRUDA, M. R.; PEREIRA, J. C. R.; NASCIMENTO FILHO, F. J.; ATROCH, A. L. *Método para coleta de folhas para determinação do estado nutricional do guaranazeiro [Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke]*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007. 2 p.

DUARTE, A. P.; VOLTAN, R. B. Q.; FURLANI, P. R. Amarelecimento do arroz-de-sequeiro sob condições de encharcamento em solo de baixa fertilidade. *Bragantia*, v. 52, p.139-152, 1993. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051993000200006>

EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: CNPS/Embrapa, 1997. 212 p.

FAGERIA, N. K. *The Use of Nutrients in Crop Plants*. Boca Raton: CRC Press, 2009. 448 p.

LOPES, A. S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. *Potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 1982. p. 51-75.

MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. S. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa do Potássio e do Fosfato, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MOREIRA, A.; ALMEIDA, M. P.; COSTA, D. G.; SANTOS, L. S. Acidez potencial pelo método pH SMP no Estado do Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, p. 89-92, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000100013>

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil chemical attributes of Amazonas State, Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 40, p. 2912-2925, 2009. <http://dx.doi.org/10.1080/00103620903175371>

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. *Variação das propriedades químicas e físicas do solo e dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas da Amazônia Ocidental*. Piracicaba: CENA/USP, 2002. 85 p.

OLIVEIRA, N. A.; OLIVEIRA, L. A. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 1063-1068, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600015>

PEREIRA, J. C. R. *Sistema de produção para a cultura do guaranazeiro no Amazonas*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 40 p.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. *Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

VALADARES, J. M. A.; CAMARGO, O. A. Manganês em solos do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 7, p. 123-130, 1983.