

## Crestamento Abiótico em Mudas de Guaranazeiro





ISSN 1517-3135

Julho, 2013

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Amazônia Ocidental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 104**

## **Crestamento Abiótico em Mudanças de Guaranazeiro**

*José Clério Rezende Pereira*

*Adônis Moreira*

*Larissa Alexandra Cardoso Moraes*

*Luadir Gasparotto*

Embrapa Amazônia Ocidental  
Manaus, AM  
2013

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Amazônia Ocidental**

Rodovia AM 010, Km 29, Estrada Manaus/Itacoatiara

Caixa Postal 319

Fone: (92) 3303-7800

Fax: (92) 3303-7820

www.cpa.embrapa.br

**Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Celso Paulo de Azevedo*

Secretária: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

Membros: *André Luiz Atroch, Edsandra Campos Chagas, Jony Koji Dairiki, José Clério Rezende Pereira, Kátia Emídio da Silva, Lucinda Carneiro Garcia, Maria Augusta Abtíbol Brito, Maria Perpétua Beleza Pereira, Rogério Perin, Ronaldo Ribeiro de Moraes e Sara de Almeida Rios.*

Revisor de texto: *Maria Perpétua Beleza Pereira*

Normalização bibliográfica: *Maria Augusta Abtíbol Brito de Sousa*

Diagramação: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

Capa: *Gleise Maria Teles de Oliveira*

Fotos da capa: *Lucio Rogerio Bastos Cavalcanti*

**1ª edição**

1ª impressão (2013): 300

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.**

**Embrapa Amazônia Ocidental.**

---

Crestamento abiótico em mudas de guaranazeiro / José Clério Rezende Pereira... [et al.] – Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2013.  
20 p. – (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 104).

ISSN 1517-3135

1. Guaraná. 2. Paullinia cupana. 3. Doença de planta. I. Pereira, José Clério Rezende. II. Moreira, Adônis. III. Moraes, Larissa Alexandra Cardoso. IV. Gasparotto, Luadir. V. Série.

CDD 633.7

---

© Embrapa 2012

# **Autores**

## **Adônis Moreira**

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Energia Nuclear na Agricultura, pesquisador da Embrapa Soja, Londrina, PR, [adonis.moreira@embrapa.br](mailto:adonis.moreira@embrapa.br)

## **José Clério Rezende Pereira**

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, [jose.rezende-pereira@embrapa.br](mailto:jose.rezende-pereira@embrapa.br)

## **Larissa Alexandra Cardoso Moraes**

Engenheira agrônoma, D.Sc. em Energia Nuclear na Agricultura, pesquisadora da Embrapa Soja, Londrina, PR, [larissa.moraes@embrapa.br](mailto:larissa.moraes@embrapa.br)

## **Luadir Gasparotto**

Engenheiro agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, [luadir.gasparotto@embrapa.br](mailto:luadir.gasparotto@embrapa.br)



# Apresentação

A adoção inadequada das técnicas para produção de mudas do guaranazeiro, na maioria das vezes, favorece o aparecimento de doenças abióticas, que são oriundas de distúrbios fisiológicos, fatores desfavoráveis do solo, condições adversas do meio ambiente e práticas de manejo inadequadas, como irrigação e adubação.

No diagnóstico de doenças abióticas, produtores e técnicos, muitas vezes, confundem-nas com as doenças de origem infecciosa, porque em plantas estressadas é comum a presença de um patógeno oportunista. Na cultura do guaranazeiro, principalmente na fase de produção de mudas, não é diferente.

Esta publicação contém informações sobre investigações realizadas para o diagnóstico de uma doença abiótica em mudas de guaranazeiro, denominada crestamento abiótico. Os sintomas da doença são resultantes da toxidez causada por maior disponibilidade de ferro (Fe), induzida sob condições anaeróbicas propiciadas pelo encharcamento do solo, no qual as mudas estavam acondicionadas.

Espera-se que essas informações sirvam de alerta aos produtores de mudas de guaranazeiro, os quais, além de selecionar cultivares elite e preocupar-se com as pragas e doenças, devem dar atenção a todos os fatores que proporcionem condições adequadas à formação de mudas de ótima qualidade, cujos resultados serão expressos com a formação de guaranazais viçosos e produtivos.

*Luiz Marcelo Brum Rossi*  
Chefe-Geral

# Sumário

<b>Crestamento Abiótico em Mudras de Guaranazeiro.....</b>	<b>9</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>9</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>Diagnose visual.....</b>	<b>11</b>
<b>Fertilidade do solo.....</b>	<b>13</b>
<b>Análise foliar e de raízes.....</b>	<b>13</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>16</b>
<b>Referências.....</b>	<b>18</b>



# Crestamento Abiótico em Mudanças de Guaranazeiro

---

*José Clério Rezende Pereira*

*Adônis Moreira*

*Larissa Alexandra Cardoso Moraes*

*Luadir Gasparotto*

## Resumo

Em solos encharcados normalmente ocorre aumento dos teores de ferro (Fe) e manganês (Mn) disponíveis no solo, podendo ocasionar anomalias foliares como observado em mudas de guaranazeiro [*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (MART.) DUCKE] em Manaus. Com o objetivo de detectar essas alterações visuais, foram avaliadas mudas dos clones de guaranazeiro CMA 347, CMU 613, CMU 626 e da cultivar BRS Maués, cultivadas em condições de viveiro no período de alta quantidade de chuva na região amazônica. Mudas com e sem sintomas foram selecionadas para diagnósticos fitopatológicos, fertilidade do solo (pH, P, K, Ca, Mg, Na, Al, H + Al, Cu, Fe, Mn e Zn) e estado nutricional (N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Fe, Mn e Zn). Verificou-se que o clone CMU 613 e a cultivar BRS Maués foram sensíveis ao encharcamento, acarretando crestamento foliar com grande acúmulo de Fe nas raízes e nas folhas quando comparados com os clones CMA 347 e CMU 626. 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.

## 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 pela cultura, a utilização de clones com alto potencial de produção (PEREIRA, 2005) é, na sua maior parte, restrita a grandes produtores. No caso da agricultura familiar, a produtividade média do guaranazeiro é muito baixa devido à elevada heterogeneidade do material cultivado, que é originado, quase em sua totalidade, de sementes, tendo também como consequência plantas suscetíveis a diversas doenças e pragas (ARRUDA et al., 2007a).

Com a introdução de clones de guaranazeiro com alto potencial produtivo e resistentes a doenças (PEREIRA, 2005), a produção vem aumentando gradativamente, porém existem poucas pesquisas com a cultura, e alguns fatores de manejo necessitam ser melhor estudados, como, por exemplo, a fase de enviveiramento para produção de mudas, conforme observado no viveiro localizado no campo experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM, no qual, após o período chuvoso, que compreende os meses de dezembro a maio (ANTÔNIO, 2010), 100% das mudas da cultivar BRS Maués 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 era assintomática. Cabe destacar que esses quatro clones são caracterizados por alta produtividade e resistência ou tolerância a inúmeras doenças (PEREIRA, 2005).

No período chuvoso, o sintoma inicia-se pelos folíolos 2 e 3, propagando para o 1 e, finalmente, para o 4 e 5. A anomalia foliar é caracterizada pela formação de manchas de formato irregular, coloração marrom-clara do tipo anasarca e com distribuição simétrica no folíolo e entre folíolos opostos. Com o progresso da doença, as manchas adquirem coloração cinza-palha, característico de tecidos foliares

dessecados. Embora as proporções significativas do limbo sequem, não ocorre queda de folíolos devido ao fato de as nervuras principais e secundárias permanecerem verdes, portanto viáveis. Desta forma, com reduzida área fotossinteticamente ativa, as plantas têm seu desenvolvimento penalizado. Os sintomas permanecem durante longos períodos chuvosos, acumulando-se água no substrato, tornando-o pastoso. Quando essas mesmas plantas com problema foram transplantadas para sacolas maiores em substrato não encharcado, os sintomas nas folhas novas ou recém-lançadas desapareceram.

Após as análises fitopatológicas nas plantas com sintomas e sem sintomas, as quais indicaram ausência de patógenos, os resultados mostraram que o efeito era de caráter abiótico e provavelmente causado pela toxidez de algum nutriente, cujas características se assemelhavam ao ferro (Fe) e manganês (Mn) (ARRUDA et al., 2007b). No caso desses dois nutrientes, as funções do Fe nas plantas estão relacionadas, principalmente, à formação de complexos estruturais e à transferência de elétrons (ativador de enzimas), constituinte de citocromos e respiração, enquanto o Mn atua no transporte de elétrons dentro da fotossíntese, nos processos de oxidação, nas reações de descarboxilação e hidrólise e na síntese de proteínas, entre outras (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

Partindo desses fatos, o objetivo deste trabalho foi verificar, por meio de resultados de análises fitopatológicas, de fertilidade do solo e do estado nutricional de plantas, os fatores que acarretam crestamento em plantas da cultivar de guaranazeiro BRS Maués e do clone CMU 613, cultivados em condições de viveiro no período de alta intensidade pluviométrica na região central do Estado do Amazonas.

## **Diagnose visual**

No período compreendido entre dezembro e maio, quando se registra alta intensidade de chuvas na região central do Estado do Amazonas (ANTÔNIO, 2010), o gradiente de crestamento das folhas da BRS

Maués e do clone CMU 613 teve início com o aparecimento simétrico de sintomas de amarelecimento no primeiro par de folhas progredindo para todas as folhas dos ramos (Figura 1), sendo que nas plantas mais afetadas, após a necrose, as folhas permaneceram nos galhos, inibindo novas brotações.



**Figura 1.** Gradiente dos sintomas do crestamento abiótico em folhas de mudas de guaranazeiro, cultivar BRS Maués, sob condições de solo encharcado.

Tais características visuais, com os sintomas foliares simétricos em todas as folhas, confirmaram que o problema era causado pela toxidez ou deficiência nutricional provocando distúrbio fisiológico (MALAVOLTA, 2006; FAGERIA, 2009), o que foi confirmado com os testes negativos de isolamento dos patógenos, realizados a partir de lesões presentes nas folhas das mudas de guaranazeiro.

## Fertilidade do solo

Com relação à fertilidade do substrato, nas mudas do clone CMU 613 e da BRS Maués cultivados nas condições de viveiro, os atributos químicos, nas camadas de 0 cm-8 cm, 9 cm-16 cm e 17 cm-24 cm de profundidade, apresentaram diferenças significativas entre eles apenas para os teores de fósforo (P) e potássio ( $K^+$ ) disponíveis e cálcio ( $Ca^{2+}$ ) trocável (Tabela 1). No caso do P e  $Ca^{2+}$ , a aplicação de quantidades diferentes de superfosfato simples (18% de  $P_2O_5$  e 18% de Ca), devido à provável falta de homogeneização na formulação do substrato para o cultivo da BRS Maués, pode ter influenciado nesse resultado.

Quanto ao K disponível, apesar das diferenças observadas entre os substratos de cada clone, esse elemento estava, à exceção da camada de 0 cm-8 cm na cultivar BRS Maués, abaixo dos níveis de 71 a 120  $mg\ kg^{-1}$ , indicados por Alvarez Venegas et al. (1999) como solos adequados para o cultivo das plantas. Nas condições de solo estudadas, com a dominância da caulinita nas argilas, a quantidade de K disponível para as plantas está diretamente associada ao teor e à qualidade da matéria orgânica no substrato (LOPES, 1982), visto que, por ser retirado de uma mata nativa, pode existir uma heterogeneidade natural desse nutriente.

## Análise foliar e de raízes

Devido à simetria dos sintomas e após ser constatada a ausência de um agente biótico, procederam-se coletas de folíolos e raízes de plantas do clone CMU 613 e BRS Maués com sintomas avançados de crestamento. Os dados apresentados na Tabela 2 mostram elevados teores para Fe, Mn e Na. Entretanto, quando se realizou análise foliar de plantas sintomáticas (CMU 613 e BRS Maués) e de plantas assintomáticas (CMA 347 e CMU 626), e com os dados submetidos a tratamentos estatísticos (Tabela 3), concluiu-se que apenas teores de Fe diferiram entre si, com as plantas sintomáticas apresentando, em média, teores de Fe três vezes mais elevados que nas plantas assintomáticas.

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo em três profundidades (0 cm-8 cm, 9 cm-16 cm e 17 cm-24 cm) em sacos com substrato cultivado com as mudas do clone de guaraneiro BRS 613 e cultivar BRS Maués que apresentavam sintomas de crestamento. Média de três repetições<sup>1</sup>.

Profundidades (cm)	pH água		C g kg <sup>-1</sup>		P mg kg <sup>-1</sup>	
	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués
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 mg kg <sup>-1</sup>		Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		Mn mg kg <sup>-1</sup>	
	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués
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 mg kg <sup>-1</sup>		H + Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		Cu mg kg <sup>-1</sup>	
	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués
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 mg kg <sup>-1</sup>		Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		Zn mg kg <sup>-1</sup>	
	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués	CMU 613	BRS Maués
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

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras minúsculas distintas dentro de cada nutriente nas colunas de cada clone e maiúsculas entre clones na linha dentro da mesma profundidades e nutriente diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Teores foliares de N ficaram abaixo da faixa de 45 a 50 g kg<sup>-1</sup>, indicada como adequada por Malavolta et al. (1997). Enquanto os teores foliares de Fe no CMU 613 e na BRS Maués e de Mn nos três clones e na cultivar avaliados ficaram acima dos níveis de 106,0 a 137,0 mg kg<sup>-1</sup> de Fe e 105,0 a 160,0 mg kg<sup>-1</sup> de Mn, considerados adequados por Oliveira, N. e Oliveira, L. (2004) (Tabela 3), 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 Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup>, aumentando a disponibilidade para as plantas e provocando toxidez (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006), sendo o sintoma agravado em solos que naturalmente contém 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 do clone CMU 613 e da cultivar BRS Maués (Tabela 3).

Nessa situação de anaerobiose, também pode ocorrer a indução de deficiências nutricionais de outros nutrientes catiônicos por toxicidade de Fe (DUARTE et al., 1993), ocasionada 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 Fe nos clones CMA 347 e CMU 626, mesmo com a similaridade do substrato (Tabela 1), esses ficaram abaixo dos níveis indicados por Oliveira, N. e Oliveira, L. (2004) como adequados. Segundo Malavolta (2006) e Fageria (2009), características genéticas distintas de cada planta também podem influenciar a eficiência na absorção e utilização de nutrientes.

Os teores elevados de Mn, verificados nas plantas estudadas (Tabela 2), podem ser explicados pelas 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, justifica os elevados teores de Mn nas plantas cultivadas em 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.

Os nutrientes nas folhas ficaram dentro ou pouco acima das faixas consideradas adequadas por Malavolta et al. (1997), Oliveira, N. e Oliveira, L. (2004) e Arruda et al. (2007b), tais como: N (35,0 a 50,0 g kg<sup>-1</sup>), P (1,3 a 4,0 g kg<sup>-1</sup>), K (3,0 a 15,0 g kg<sup>-1</sup>), Ca (3,0 a 6,1 g kg<sup>-1</sup>), Mg (1,9 a 3,6 g kg<sup>-1</sup>), S (1,2 a 2,0 g kg<sup>-1</sup>), B (18,0 a 105,0 mg kg<sup>-1</sup>), Cu (12,5 a 23,0 mg kg<sup>-1</sup>) e Zn (39,4 a 42,7 mg kg<sup>-1</sup>). Apesar dessas faixas de interpretação indicarem teores tidos como adequados, são necessários estudos mais aprofundados de adaptabilidade e calibração da fertilidade do solo e estado nutricional para determinar as faixas críticas dos nutrientes para o cultivo de diferentes clones de guaranazeiro em condições edafoclimáticas distintas.

## Conclusões

- O crestamento nas folhas do guaranazeiro ocorreu sob condições de encharcamento devido à toxicidade de ferro na planta, associadas a múltiplo estresse nutricional.
- Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Na, B, Cu, Zn e Mn nos clones CMA 347, CMU 613, CMU 626 e na cultivar BRS Maués não foram influenciados pelas condições de encharcamento do solo.

**Tabela 2.** Teores médios de macro e micronutrientes em mudas de guaranazeiro com sintomas avançados de crestamento abiótico.

Clones	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>											
	mg kg <sup>-1</sup>											
	Folíolos											
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
BRS Maués	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
BRS Maués	10,6	1,1	5,1	8,9	1,3	1,1	620,0	10,0	11,5	2.220,6	27,9	49,7

**Tabela 3.** Teores médios de macro e micronutrientes em mudas de guaranazeiro com sintomas avançados de crestamento abiótico.

Clones	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>											
	mg kg <sup>-1</sup>											
CMA 347	19,5b	2,9a	5,9b	4,4a	1,0a	1,2b	313,0bc	26,8a	11,7b	59,6b	189,9a	32,0b
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	38,8b
BRS Maués	28,6a	2,1a	17,8a	4,6a	1,1a	2,5a	240,0c	20,1a	10,2b	239,6a	198,3a	198,3a

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Clones CMA 347 e CMU626 sem sintomas de crestamento e o clone CMU 613 e a cultivar BRS Maués com sintomas de crestamento.

## 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 V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, 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.

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. de; COSTA, D. G.; SANTOS, L. S. Acidez potencial pelo método do pH SMP no Estado do Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p. 89-92, jan. 2004.

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.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Varição 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.

PEREIRA, J. C. R. (Ed.). **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. 4. ed. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2005. 40 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Sistemas de Produção, 2).

VALADARES, J. M. A.; CAMARGO, O. A. Manganês em solos do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 123-130, 1983.



**Embrapa**

---

*Amazônia Ocidental*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

G O V E R N O F E D E R A L  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA