

**Produtividade de Milho
Influenciada pelo Zinco em
Solos do Agreste de Sergipe**



ISSN 1678-1961

Dezembro, 2017

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Tabuleiros Costeiros

***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 130**

Produtividade de Milho Influenciada pelo Zinco em Solos do Agreste de Sergipe

Lafayette Franco Sobral

Joézio Luiz dos Anjos

Aracaju, SE
2017

Embrapa Tabuleiros Costeiros
Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE
Fone: (79) 4009-1300
www.embrapa.br/tabuleiros_costeiros
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretário-Executivo: *Marcus Aurélio Soares Cruz*

Membros: *Amaury da Silva dos Santos, Ana da Silva Lédo, Anderson Carlos Marafon, Joézio Luiz dos Anjos, Julio Roberto Araújo de Amorim, Lizz Kezzy de Moraes, Luciana Marques de Carvalho, Tânia Valeska Medeiros Dantas e Viviane Talamini*

Supervisão editorial: *Flaviana Barbosa Sales*

Revisão bibliográfica: *Josete Cunha Melo*

Editoração eletrônica: *Beatriz Ferreira da Cruz*

Foto da capa: *Joézio Luiz dos Anjos*

1ª Edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados.

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Produtividade de milho influenciada pelo zinco em solos do agreste de Sergipe / Lafayette Franco Sobral, Joézio Luiz dos Anjos. – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017.

15p. : il. color. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961; 130).

1. Milho. 2. Solo. 3. Zinco. 4. Produção agrícola. 5. Adubo químico. 6. Nutriente mineral. I. Sobral, Lafayette Franco. II. Santos, Joézio Luiz dos. III. Série.

CDD 633.15 Ed. 21

©Embrapa 2017

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	5
Introdução.....	6
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	9
Conclusão	13
Referências	14

Produtividade de Milho Influenciada pelo Zinco em Solos do Agreste de Sergipe

Lafayette Franco Sobral¹

Joézio Luiz dos Anjos²

Resumo

Nos Tabuleiros Costeiros e áreas adjacentes, a deficiência de zinco é uma forte limitação para a produção de milho. O objetivo do presente trabalho foi estudar a produtividade de milho influenciada pelo zinco em solos no Agreste de Sergipe. Dois experimentos em blocos casualizados com quatro repetições foram conduzidos em Cambissolo (Frei Paulo, SE) e em Argissolo (Carira, SE) nos anos de 2009 e 2010 para determinar níveis críticos de zinco no solo e na folha do milho. Os tratamentos foram quatro doses de zinco aplicadas na forma de sulfato de zinco mais um tratamento sem o nutriente. No Argissolo nos dois anos, e em 2009 no Cambissolo não houve efeito do zinco na produção de grãos. Foi observada uma relação linear e positiva entre o zinco aplicado e o teor do nutriente no solo extraído pelo Mehlich-1. A aplicação de zinco no Cambissolo de Frei Paulo influenciou o teor do nutriente na folha e a produção do milho em 2010. A dose de zinco que maximizou a produção de grãos em 2010 no Cambissolo foi 1,46 kg ha⁻¹ e doses maiores tiveram efeito deletério na produção.

Palavras-chave: micronutrientes, cambissolo, argissolo, fertilização.

¹Engenheiro-agrônomo, PhD em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

²Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE.

Corn Yield as Influenced by Zinc in Sergipe Agreste Soils

Abstract

In the Coastal Tablelands and surrounding areas, zinc deficiency is a major constraint for corn production. The objective of the present work was to study the relationship between soil and leaf zinc contents and corn yield in the Agreste region of Sergipe. A randomized complete block design experiment with four replications was conducted in a Inceptisol (Frei Paulo, SE) and in an Ultisol (Carira, SE) in 2009 and 2010, in order to obtain soil and leaf zinc critical levels. Treatments were doses of zinc applied as zinc sulphate and a control plot, without zinc. A linear relationship between applied zinc and soil zinc by Mehlich-1 was observed. Zinc application had a significant effect on leaf zinc content and corn yield in the Inceptisol of Frei Paulo in 2010. In the same place and year, corn yield was maximized by 1,46 kg ha⁻¹ of zinc. Higher doses had a deleterious effect on yield.

Index terms: micronutrients, inceptisol, ultisol, fertilization

Introdução

A concentração total de zinco (Zn) no solo varia de 10 mg kg^{-1} a 300 mg kg^{-1} e o elemento está presente em rochas básicas e ácidas em função da ocorrência de substituição isomórfica do magnésio (Mg) pelo Zn nos silicatos. As fontes primárias dos nutrientes são os minerais ferromagnesianos e a esfarelita (ZnS) (ABREU et al. 2007). Solos derivados de rochas ígneas são mais ricos em Zn que os solos derivados de rocha sedimentares. O Zn ocorre com grau de oxidação Zn^{2+} e é móvel no solo. A elevação do pH por meio da calagem diminui a disponibilidade de Zn^{2+} no solo (PEREIRA et al., 2007). A diminuição da disponibilidade de zinco pode ser atribuída também à formação dos compostos ZnOH^- e $\text{Zn}(\text{OH})_2$. Os compostos orgânicos que compõem a matéria orgânica, principalmente os ácidos húmicos e fúlvicos, podem diminuir a solubilidade de zinco pela formação de complexos. Teores baixos de zinco no solo influenciam negativamente na produção de milho. No Brasil, os níveis críticos de zinco no solo são baseados em poucos experimentos o que limita a utilização dos mesmos (PEREIRA et al., 2007). Tanto os níveis críticos quanto as recomendações de zinco precisam ser aprimoradas. Neste sentido, são necessárias informações sobre a relação entre os teores no solo e na folha e a produção em solos onde a cultura tem se expandido significativamente (CARVALHO et al., 2009). Nessas áreas, o milho é plantado em solos classificados como Cambissolos, Argissolos e Planossolos. Nesses solos, os teores de zinco são determinados principalmente pelo Mehlich-1. Em resultados obtidos em casa de vegetação com Argissolos e Latossolos dos Tabuleiros Costeiros por Sobral et al. (2013), foram observados coeficientes de correlação entre o Zn absorvido pelo milho e o zinco extraído pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3 e DTPA os quais foram 0,83, 0,82 e 0,70, todos significativos ($p < 0,05$), demonstrando que o citado método é adequado para estimar a disponibilidade de zinco nesses solos. No Cambissolo onde ocorre a presença de carbonatos é provável que o Mehlich-1 seja neutralizado antes de poder estimar o teor disponível do zinco no solo.

As plantas com deficiência de Zn apresentam uma leve diminuição de porte e um arroxamento nas folhas mais novas evoluindo do ápice para a base. Posteriormente surge um desbotamento interneval na base da folha o qual evolui para o ápice (FERREIRA, 2012).

Sobral et al. (2007) propuseram aplicações de Zn no milho com base na análise de solo. Entretanto, as faixas de teores do nutriente no solo ainda são uma primeira aproximação e necessitam ser validadas através de novos experimentos em diferentes regiões. Com esse intuito, o objetivo do presente trabalho foi estudar a produtividade de milho influenciada pelo zinco em solos de dois municípios da região Agreste de Sergipe.

Material e Métodos

Foram instalados quatro experimentos nos anos de 2009 e 2010, em dois locais em solos classificados como Cambissolo e Argissolo, nos municípios de Frei Paulo e Carira, respectivamente, ambos situados na região Agreste do estado de Sergipe. Na Figura 1 é mostrada a distribuição mensal da chuva dos anos de condução dos experimentos. No total anual, em Carira choveu 780,9 mm e 863,4 mm enquanto em Frei Paulo choveu 644,1 mm e 800,5 mm em 2009 e 2010 respectivamente. Na Tabela 1 são mostrados os atributos químicos do Cambissolo (Frei Paulo, SE) e do Argissolo (Carira, SE) antes da instalação dos experimentos, exceto para o zinco, cujas amostras foram coletadas depois da instalação no tratamento testemunha.

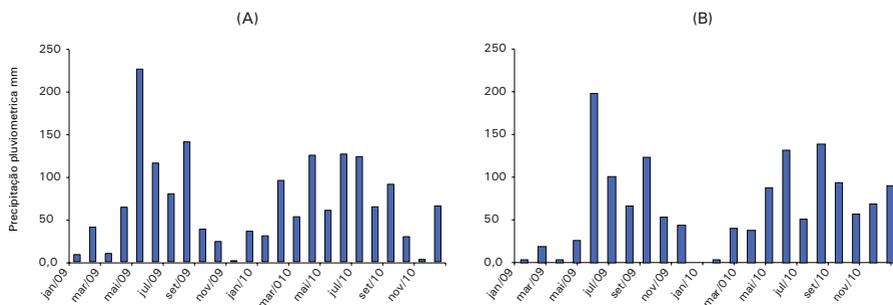


Figura 1. Precipitação pluviométrica em Carira, SE (A) e em Frei Paulo, SE (B) em 2009 e 2010.

Tabela 1. Atributos químicos do Cambissolo (Frei Paulo, SE) e do Argissolo (Carira, SE) antes da instalação dos experimentos, exceto para o zinco, cujas amostras foram coletadas depois da instalação no tratamento testemunha.

Atributos químicos	Unidade	Cambissolo	Argissolo
pH em água	-	6,24	5,15
Matéria orgânica	g dm ⁻³	26,5	14,1
Fósforo	mg dm ⁻³	11,34	9,12
Cálcio	cmol _c dm ⁻³	14,27	1,25
Magnésio	cmol _c dm ⁻³	5,42	1,08
Alumínio	cmol _c dm ⁻³	0,00	0,38
Sódio	cmol _c dm ⁻³	0,14	0,03
Potássio	cmol _c dm ⁻³	0,55	0,49
Zinco	mg dm ⁻³	1,78	1,25
H + Al	cmol _c dm ⁻³	2,55	2,60
Soma de bases	cmol _c dm ⁻³	20,38	2,85
CTC	cmol _c dm ⁻³	22,93	5,47
V	%	88,87	50,0

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram seis doses de zinco: 0,0 kg de Zn ha⁻¹; 0,5 kg de Zn ha⁻¹; 1,0 kg de Zn ha⁻¹; 1,5 kg de Zn ha⁻¹; 2,0 kg de Zn ha⁻¹ e 2,5 kg de Zn ha⁻¹. Para permitir uma boa homogeneidade na aplicação do micronutriente, as quantidades de sulfato de zinco hepta hidratado (ZnSO₄ · 7H₂O) calculadas para a parcela total de 20 m² (4 m x 5 m) foram dissolvidas em 10 L de água e a solução aplicada uniformemente em toda a parcela. A parcela total consistiu de cinco linhas de 5 m espaçadas entre si por 0,80 m, sendo consideradas úteis as três linhas centrais eliminando-se 0,4 m em cada extremidade. Foi utilizado o híbrido de milho 2B707, no espaçamento de plantio de 0,8 m x 0,2 m com uma população de 62.500 plantas ha⁻¹. No sulco de plantio foi aplicada adubação básica com 30 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nas formas de ureia, superfosfato triplo, respectivamente. Trinta dias após o plantio, foi aplicada adubação em cobertura com 70 kg de N ha⁻¹. Foram coletadas dez folhas de milho por parcela no início do desenvolvimento das inflorescências feminina (embonecamento) na posição oposta e abaixo da primeira espiga (superior), de acordo com Coelho et al. (2002). Na época da colheita do milho, foram coletadas amostras de solo na parcela útil na profundidade 0 m-0,2 m.

A colheita do milho ocorreu quando a umidade dos grãos estava em torno de 13%. As espigas das plantas da parcela útil foram colhidas, debulhadas e os grãos foram pesados. A massa dos grãos por hectare foi obtida a partir da massa de grãos por parcela útil.

A avaliação da disponibilidade do zinco no solo foi realizada por meio do extrator Mehlich-1. Os teores de zinco na planta foram obtidos por absorção atômica após digestão via úmida com uma mistura dos ácidos nítrico e perclórico na proporção 3:1 (SILVA, 2009). Os dados de produção (kg ha⁻¹) e das análises de solo e folha foram submetidos à análise de variância e regressão visando relacionar os teores no solo e na planta com a produção, tendo sido utilizado o nível de probabilidade ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

O teor de zinco no solo foi influenciado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de zinco. Nas Figuras 2A e 2B são mostradas as relações

entre as doses de zinco aplicadas e o teor de zinco extraído pelo Mehlich-1 no solo. Enquanto no Cambissolo, o teor de Zn ultrapassou 3 mg dm^{-3} mediante aplicação de $2,5 \text{ kg}$ de Zn por hectare (Figura 2A), no Argissolo, o teor de Zn aproximou-se de 2 mg dm^{-3} com a aplicação dessa mesma quantidade (Figura 2B). Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al., (2007). A presença de carbonatos no Cambissolo não impediu que o Mehlich-1 pudesse discriminar os teores do nutriente no solo em função da aplicação de doses crescentes do mesmo. A presença de carbonatos pode neutralizar os ácidos componentes do extrator Mehlich-1 e diminuir o poder de extração da solução (SIMS; JOHNSON, 1991).

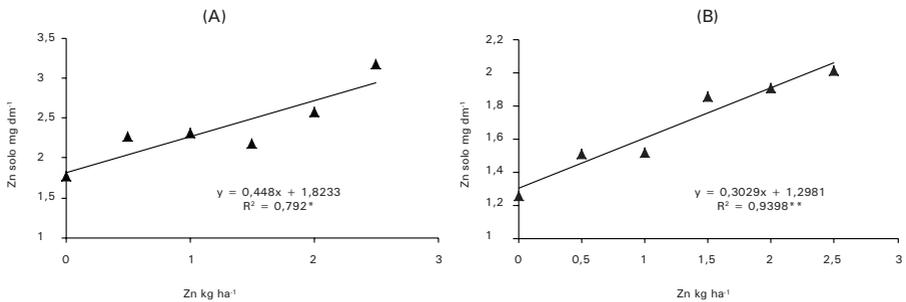


Figura 2. Influência da aplicação de Zn no teor do nutriente no solo extraído pelo Mehlich-1 no Cambissolo em 2009 (A) e no Argissolo (B) em 2010.

A produção de milho em função das doses de Zn aplicado no solo não foi influenciada significativamente ($p < 0,05$) no Cambissolo (Frei Paulo, SE) em 2009 e nos dois anos de condução do experimento no Argissolo (Carira, SE) (Tabela 2). Possivelmente, os teores de Zn disponíveis no solo de $1,25 \text{ mg dm}^{-3}$ no Argissolo e de $1,78 \text{ mg dm}^{-3}$ no Cambissolo, já tenham sido suficientes para o adequado desenvolvimento das plantas. Sobral et al. (2007) consideram teores de Zn no solo entre 1 mg dm^{-3} e 2 mg dm^{-3} como médios. Entretanto, neste trabalho, teores de zinco na faixa citada de valores parecem ter sido suficientes para a produção de milho, tendo em vista que a aplicação de Zn não surtiu efeito na produtividade. Tal afirmativa condiz com a constatação de Galvão (2004) que sugeriu 1 mg dm^{-3} como o nível crítico de Zn para o milho em solo de Cerrado.

Tabela 2. Produção de grãos de milho em função das doses de zinco aplicadas em Cambissolo e Argissolo nos anos de 2009 e 2010.

Doses de Zn aplicadas kg ha ⁻¹	Produção de grãos kg ha ⁻¹			
	Cambissolo		Argissolo	
	2009	2010	2009	2010
0	7079 a	7406,3 c	4741,8 a	8083,5 a
0,5	7162 a	7316,8 c	4862,5 a	8280,0 a
1,0	7025 a	8566,8 a	5158,5 a	8003,8 a
1,5	7050 a	8244,3 ab	4754,3 a	8396,8 a
2,0	6779 a	8433,3 a	4804,0 a	8188,5 a
2,5	6750 a	7641,8 bc	4941,5 a	8616,5 a

A relação entre as doses de zinco no solo e a produção de milho (kg ha⁻¹) no Cambissolo em 2010 é mostrada na Figura 3, sendo observado que a dose de Zn que maximizou a produção foi 1,46 kg ha⁻¹ e que doses superiores à esta não proporcionaram incrementos produtivos, causando inclusive redução na produção de milho. Substituindo o valor encontrado na equação da Figura 1A observa-se que a aplicação de 1,46 kg ha⁻¹ de Zn proporciona um teor de Zn no solo de 2,47 mg dm⁻³.

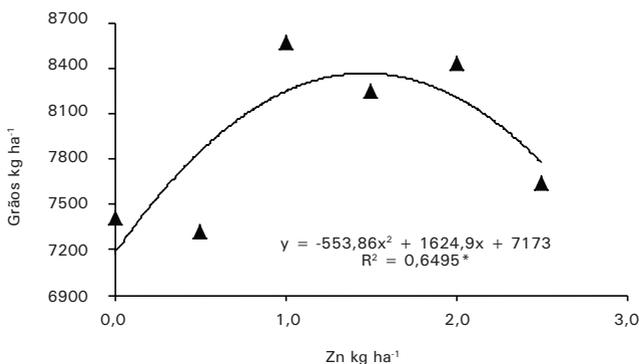


Figura 3. Resposta da adubação com zinco sobre a produção de milho no Cambissolo. Frei Paulo, SE, 2010.

Não foram observados efeitos significativos ($p > 0,05$) da aplicação de zinco e os teores na folha nos dois anos no Argissolo e em 2009 no Cambissolo. Entretanto, em 2010, no Cambissolo de Frei Paulo, SE, foi observado efeito significativo ($p < 0,05$) da aplicação de zinco no teor do nutriente na folha do milho (Tabela 3). Em 2009, no Cambissolo, os teores de Zn na folha foram muito próximos do valor de referência proposto por Cantarutti et al. (2007) que é de 20 mg kg^{-1} . No Argissolo, em 2009 os teores foram acima do citado valor, muito provavelmente devido a menor produtividade de grãos, o que deve ter contribuído para uma menor exportação do nutriente. A menor produtividade de grãos no Argissolo em 2009 pode estar relacionada à insuficiência de chuva na época da floração e ou enchimento de grãos (Figura 1). Em 2010 nos dois locais os teores foram abaixo de 20 mg kg^{-1} . No Argissolo não foi observada resposta a aplicação do nutriente sobre a produção de grãos, e a produtividade foi superior à 8 t ha^{-1} . Neste contexto, pode ser admitida uma faixa de teores de Zn na folha em torno do valor de referência de 20 mg kg^{-1} proposto por Cantarutti et al. (2007).

Tabela 3. Teores de Zn na folha do milho no Cambissolo e no Argissolo nos anos de 2009 e 2010.

Doses de Zn aplicado kg ha^{-1}	Teores de Zn na folha mg kg^{-1}			
	Cambissolo		Argissolo	
	2009	2010	2009	2010
0	20,51 a	17,24 ab	28,49 a	17,27 a
0,5	19,87 a	17,62 ab	29,73 a	17,49 a
1,0	20,71 a	15,64 b	29,27 a	18,38 a
1,5	19,18 a	18,34 a	29,34 a	19,17 a
2,0	21,36 a	17,72 ab	29,43 a	18,98 a
2,5	21,13 a	15,69 ab	27,37 a	18,18 a

Foi observada diferença significativa para os teores de Zn no solo no Argissolo (Carira, SE) em 2010. Na Figura 4 é mostrada a relação entre o teor de Zn no solo e o teor de Zn na folha. Observou-se que 1,87 mg dm⁻³ de Zn no solo maximiza o teor de Zn na folha o qual foi 18,71 mg kg⁻¹, próximo do valor sugerido por Cantarutti et al. (2007).

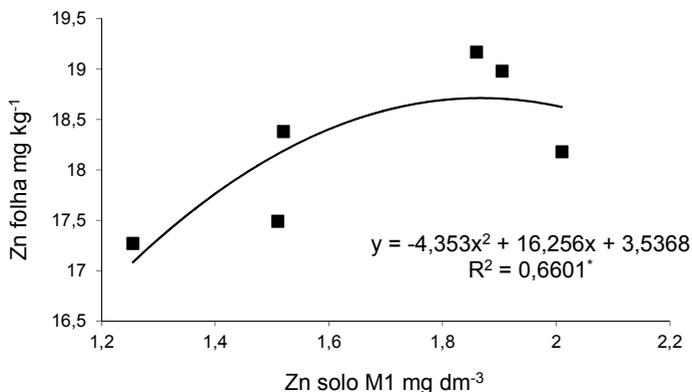


Figura 4. Relação entre o teor de Zn no solo e o teor de Zn na folha no Argissolo. Carira, SE, 2010.

Conclusão

- 1) A relação entre o Zn aplicado e o teor do nutriente no solo extraído pelo Mehlich-1 é linear.
- 2) A aplicação de Zn no Cambissolo de Frei Paulo, SE, influencia o teor do nutriente na folha e, também, a produção do milho.
- 3) A dose de Zn que maximiza a produção de grãos no Cambissolo é 1,46 g ha⁻¹ e doses maiores tem efeito deletério.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao assistente de pesquisa Robson Oliveira e à sua equipe de campo pela instalação e condução dos experimentos.

Referências

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.

CARVALHO, H. W. L. de; CARDOSO, M. J.; ROCHA, L. M. P. **Desempenho de híbridos de milho na Região Agreste do Nordeste Brasileiro**: safra 2008. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 11 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 82).

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. de; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo de milho**: diagnose foliar do estado nutricional da planta. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 5 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 45).

FERREIRA, M. M. M. Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. **Revista Agro@ambiente Online**, Boa Vista, v. 6 n.1, p. 74-83, 2012.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção de solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 186 p.

PEREIRA, N. M. Z.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L. Disponibilidade de zinco para milho afetada pela adição de zinco e pelo pH do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 273-284, 2007.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SIMS, J. T.; JOHNSON, G. V. Micronutrients soil tests. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R.; SHUMAN, R. M.; WELCH, R. M. (Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America Book 1991. p. 427-476.

SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W. ; ANJOS, J. L.;
BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos
e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros,
2007. 251 p.

SOBRAL, L. F.; SMYTH, J. T. ; FAGERIA, N. K. ; STONE, L. F. . Comparison of
Copper, Manganese, and Zinc Extraction with Mehlich 1, Mehlich 3, and DTPA
Solutions for Soils of the Brazilian Coastal Tablelands. **Communications in Soil
Science and Plant Analysis**, v. 44, p. 2507-2513, 2013.



Tabuleiros Costeiros

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

