



Teores de micronutrientes em solo de Cerrado cultivado com a cultura da soja adubada com composto de lodo de esgoto

Bruno Gasparoti Miranda^(1*); Adrielle Rodrigues Prates⁽¹⁾; Fernanda Ferreira Yukimitu⁽¹⁾; Paulo Zander Vieira Girão⁽¹⁾; Jairo Candido de Matos Júnior⁽¹⁾; Vitor Fernandes Perroni⁽¹⁾; Thiago Assis Rodrigues Nogueira⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil, 15385-000. (*bruno-gasparoti.miranda@unesp.br).

RESUMO: Objetivou-se, com esse estudo, avaliar a viabilidade agrônômica do composto de lodo de esgoto (CLE) como fonte de micronutrientes para a cultura da soja cultivada em solo de Cerrado, monitorando os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na camada superficial do solo (0-20 cm). Para tal, foi realizado um experimento em condições de campo, em Selvíria-MS, utilizando-se como planta teste a cultura da soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial 4 x 2 + 2, sendo: quatro doses de CLE (5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 t ha⁻¹, base úmida), dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controles (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). Em função da dose de CLE, os teores de B e Zn na camada 0-20 cm do solo aumentaram significativamente quando comparados aos tratamentos adicionais. A aplicação de CLE no solo eleva as quantidades disponíveis dos micronutrientes no solo, demonstrando que esse produto pode ser utilizado como fonte alternativa desses elementos para a adubação da cultura da soja em solo de Cerrado.

Termos de indexação: *Glycine max* L.; Cerrado; Fertilidade do solo.

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) ocupa grandes áreas de cultivo no mundo, sendo que no Brasil a área plantada na safra 2017/2018 foi de 35,1 milhões de hectares, com uma produtividade média de 3.333 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2018). A exploração intensiva por meio do cultivo de variedades com alto potencial de rendimento, acompanhada de calagens e uso crescente de fertilizantes de alta concentração (menores quantidades de micronutrientes como impurezas), pode levar a deficiência dos micronutrientes no solo (GALRÃO, 2004).

Os solos do Cerrado Brasileiro, por serem altamente intemperizados, apresenta uma elevada acidez, alta saturação por alumínio e baixa capacidade de troca de cátions, evidenciando assim uma baixa fertilidade natural (LOPES, 1983; LOPES; GUILHERME, 2016). Devido à expansão da agricultura nessas regiões, a fertilização das lavouras com

micronutrientes constitui uma prática indispensável para a obtenção de altos rendimentos (MORAES; ABREU-JUNIOR; LAVRES JUNIOR, 2010). Contudo, a elevação do consumo e do custo dos fertilizantes minerais tem preocupado o setor agrícola mundial, incentivando a busca pelo uso de fontes alternativas de micronutrientes, como o CLE, a fim de reduzir a demanda por fertilizantes inorgânicos.

O composto de lodo de esgoto (CLE), fertilizante orgânico compostado produzido a partir de lodo de esgoto, como matéria-prima, é classificado como fertilizante orgânico Classe "D", de acordo com as Instruções Normativas da Secretaria de Defesa Agropecuária nº 25, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (BRASIL, 2009), é rico em alguns metais pesados que também são considerados micronutrientes de planta (Cu, Fe, Mn e Zn). Apesar de serem absorvidos pelas plantas em menores quantidades, esses elementos, somados ao B, Cl e Mo, participam de funções essenciais para a sobrevivência das espécies vegetais. Embora existam avanços nas pesquisas de fertilidade do solo e nutrição de plantas, os estudos relativos a fontes alternativas de fertilizantes ainda são restritos. O mesmo pode-se dizer para os estudos realizados com o lodo de esgoto, sendo, em sua maioria, relacionados com o fornecimento de N e P ou com os seus efeitos no ambiente, descartando a possibilidade de utilização desse resíduo como fornecedor de micronutrientes para as culturas agrícolas e florestais. Nesse sentido, verificou-se a necessidade de abordar novos aspectos do uso desse material na agricultura. Neste contexto, objetivou-se, com esse estudo, avaliar a viabilidade agrônômica do composto de lodo de esgoto (CLE) como fonte de micronutrientes para a cultura da soja cultivada em solo de Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo, na safra 2017/18, no município de Selvíria/MS. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (**Tabela 1**). Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial 4 x 2 + 2, sendo: quatro doses de composto de lodo de esgoto – CLE (5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 t ha⁻¹, base úmida), dois modos de aplicação (área total



e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controle (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). O CLE foi obtido na empresa Tera Ambiental Ltda, localizada em Jundiá, SP (**Tabela 2**). Com base nos resultados da avaliação da fertilidade do solo, foi realizada a calagem ($2,2 \text{ t ha}^{-1}$) objetivando elevar a saturação por bases a 70%, e, em seguida, aplicação de gesso agrícola ($1,8 \text{ t ha}^{-1}$). Os tratamentos com CLE foram complementados com o fornecimento de macronutrientes via fertilizante mineral. A adubação foi realizada no momento da semeadura levando em consideração, as análises químicas do solo e as recomendações contidas no boletim 100 (RAIJ et al., 1997). A amostragem do solo (0–20) foi realizada ao final do ciclo da cultura, dentro da área útil de cada parcela. Foram coletadas cinco subamostras por parcela, aleatoriamente, para compor uma amostra. Essas amostras foram retiradas com o auxílio de trado tipo holandês e, na sequência, secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com 2 mm de abertura de malha. Nessas amostras, foram determinados os teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn conforme os protocolos analíticos descritos em Raij et al. (2001).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (modo de aplicação), além de estudos de regressão polinomial para as interações significativas, e/ou efeito das doses de CLE aplicadas. A análise estatística foi realizada utilizando o programa estatístico AGROSTAT (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2009).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Exceto para o Zn, não houve interação entre o modo de aplicação e as doses do CLE (**Tabela 3**). Houve efeito linear crescente com o aumento das doses de CLE para o B na camada de 0-20 cm de profundidade em área total e nas entrelinhas da cultura. Assim, notou-se que os teores de B variaram de $0,45 \text{ mg dm}^{-3}$ a $0,69 \text{ mg dm}^{-3}$ para os tratamentos que receberam o CLE em área total, nas doses de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ a $12,5 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Nas parcelas onde o CLE foi adicionado nas entrelinhas da cultura, verificou-se que os teores de B foram de $0,52 \text{ mg dm}^{-3}$ na dose de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ e $0,72 \text{ mg dm}^{-3}$ na dose de $10,0 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente (**Figura 1a**). O teor de B no solo antes da instalação do experimento era considerando médio ($0,22 \pm 0,04 \text{ mg dm}^{-3}$) na camada 0-20 cm de profundidade e baixo ($0,14 \pm 0,02 \text{ mg dm}^{-3}$) na camada 20-40 cm de profundidade (RAIJ, 2011). Assim, notou-se que a adição do CLE elevou os teores de B de médio para alto ($> 60 \text{ mg dm}^{-3}$) na camada superficial e de baixo para médio em subsuperfície.

O aumento das doses de CLE promoveu aumento linear ($P < 0,01$) no teores de Zn na camada de 0-20 cm de profundidade em com a aplicação do CLE em área total (**Figura 1b**). Dessa forma, verificou-se que os

teores de Zn variaram de $1,0 \text{ mg dm}^{-3}$ a $1,75 \text{ mg dm}^{-3}$ para os tratamentos que receberam o CLE em área total, nas doses de $5,0 \text{ t ha}^{-1}$ e de $10,0 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. Nas parcelas aonde o CLE foi adicionado nas entrelinhas da cultura, verificou-se não verificou-se efeito das doses do CLE nos teores de Zn, sendo o valor médio obtido de $1,20 \text{ mg dm}^{-3}$ (**Figura 1a**). O teor de Zn no solo antes da instalação do experimento era considerado médio ($0,6 \pm 0,06 \text{ mg dm}^{-3}$) na camada 0-20 cm de profundidade (RAIJ, 2011). Com isso, observou-se que a aplicação do CLE em área total e nas entrelinhas, elevou os teores de Zn de médio para alto ($> 1,2 \text{ mg dm}^{-3}$).

À interação entre a média dos tratamentos adicionais e a média do fatorial foi significativa apenas para os teores de B e Zn na camada superficial. De modo geral, os maiores valores foram obtidos para as médias do fatorial, evidenciado que o CLE aumentou as quantidades dos micronutrientes, quando comparado aos tratamentos adicionais.

CONCLUSÕES

A aplicação de CLE no solo eleva as quantidades disponíveis dos micronutrientes, demonstrando que esse produto pode ser utilizado como fonte alternativa para a adubação da cultura da soja.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. AGROSTAT – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.0. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 25. <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAt.o.do?method=consultarLegislacaoFederal>. 2009.
- EMBRAPA 2018 – Soja em números (safra 2017/2018). Disponível em: <http://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos/>. Acesso em 30 ago. 2018.
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 185–226.
- LOPES, A. S. Solos sob “Cerrado”: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162 p.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. *Advances in Agronomy*, 137:1-72, 2016.
- MORAES, M.F.; ABREU-JUNIOR, C.H.; LAVRES-JUNIOR, J.L. Micronutrientes. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. v. 2 Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. p. 205–278.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p.
- RAIJ, B. van; ANDRANDE, J.C.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.



Tabela 1 – Atributos químicos⁽¹⁾ e físicos⁽²⁾ das amostras dos solos utilizados no experimento (Média ± desvio-padrão; n = 3).

Atributos	Unidade	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH _(CaCl2)	-	4,5 ± 0,06	4,7 ± 0,06
Matéria orgânica	g dm ⁻³	19 ± 1,16	14 ± 0,58
Fósforo	mg dm ⁻³	16 ± 0,58	9 ± 0,00
Potássio	mmol _c dm ⁻³	1,7 ± 0,17	0,7 ± 0,15
Cálcio	mmol _c dm ⁻³	13 ± 0,58	11 ± 0,58
Magnésio	mmol _c dm ⁻³	12 ± 1,00	10 ± 0,00
Alumínio	mmol _c dm ⁻³	4 ± 0,00	2 ± 0,58
H+Al	mmol _c dm ⁻³	37 ± 2,31	32 ± 1,73
SB	mmol _c dm ⁻³	27,0 ± 1,69	22,1 ± 0,72
S-SO ₄	mg dm ⁻³	15 ± 0,58	8 ± 0,58
CTC	mmol _c dm ⁻³	63,7 ± 0,86	54,1 ± 2,45
V	%	42 ± 3,21	41 ± 0,58
Boro	mg dm ⁻³	0,22 ± 0,04	1,40 ± 0,02
Cobre (DTPA)	mg dm ⁻³	1,8 ± 0,05	7,7 ± 0,10
Ferro (DTPA)	mg dm ⁻³	15 ± 0,58	8 ± 0,58
Manganês (DTPA)	mg dm ⁻³	18,8 ± 0,59	7,3 ± 0,72
Zinco (DTPA)	mg dm ⁻³	0,6 ± 0,06	0,2 ± 0,00
Areia (> 0,05 mm)	g kg ⁻¹	553 ± 12,86	
Silte (> 0,002 e < 0,05 mm)	g kg ⁻¹	81 ± 3,21	
Argila (< 0,002 mm)	g kg ⁻¹	372 ± 19,05	
Textura	-	Argilosa	

⁽¹⁾Raij et al. (2001). ⁽²⁾Embrapa (1997).

Tabela 2 – Composição química e microbiológica de amostras do composto de lodo de esgoto (Média ± desvio-padrão; n = 3).

Característica	Unidade	Base úmida	Valor permitido ⁽¹⁾
pH _(CaCl2)	-	7,0 ± 0,10	--
Nitrogênio Total	g kg ⁻¹	13,85 ± 0,25	--
Arsênio	mg kg ⁻¹	3,15 ± 1,76	20,0
Boro	mg kg ⁻¹	94 ± 4,52	--
Cádmio	mg kg ⁻¹	1,00 ± 0,01	3,0
Cobre	mg kg ⁻¹	237 ± 16,54	--
Chumbo	mg kg ⁻¹	18,10 ± 1,60	150,0
Cromo	mg kg ⁻¹	54,25 ± 1,75	--
Ferro	mg kg ⁻¹	16400 ± 1300	--
Manganês	mg kg ⁻¹	246 ± 37	--
Molibdênio	mg kg ⁻¹	5,26 ± 0,23	--
Níquel	mg kg ⁻¹	26,52 ± 0,50	70,0
Zinco	mg kg ⁻¹	456 ± 8	--
<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	
<i>Coliforme Termotolerantes</i>	NMP/g	0	
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	0,12	

⁽¹⁾IN N°7 MAPA (2006).

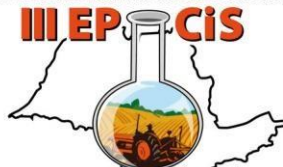


Tabela 3 – Efeitos dos tratamentos nos teores de micronutrientes na camada superficial (0-20 cm de profundidade) do solo após o cultivo da cultura da soja.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Modos de Aplicação (MA)					
Área total	0,58	2,0	24,0	14,3	1,4
Entrelinhas	0,60	1,9	24,8	15,0	1,2
Teste F	0,52 ^{NS}	0,60 ^{NS}	0,98 ^{NS}	1,76 ^{NS}	3,14 ^{NS}
Doses de Composto Lodo de Esgoto (CLE) (base úmida)					
5 t ha ⁻¹	0,49	2,0	24,4	15,8	1,2
7,5 t ha ⁻¹	0,56	1,9	24,0	14,5	1,0
10 t ha ⁻¹	0,66	1,9	23,8	14,3	1,4
12,5 t ha ⁻¹	0,65	2,0	25,4	13,9	1,6
Teste F	8,69 ^{**}	1,11 ^{NS}	0,89 ^{NS}	2,26 ^{NS}	9,06 ^{**}
Tratamentos Adicionais (TA)					
Controle	0,35	1,7	24,5	18,8	0,6
Adubação convencional	0,44	1,8	20,5	14,0	0,7
Teste F	2,50 ^{NS}	0,60 ^{NS}	6,99 ^{NS}	20,24 ^{NS}	0,50 ^{NS}
(TA) x [(MA) X (CLE)]					
Média dos Tratamentos Adicionais	0,39	1,8	22,5	16,4	0,7
Média do Fatorial	0,59	2,0	24,4	14,6	1,3
Teste F	39,15 ^{**}	13,69 ^{NS}	4,92 ^{NS}	9,24 ^{NS}	38,22 ^{**}
Teste F (MA) x (CLE)					
Média Geral	2,43 ^{NS}	1,27 ^{NS}	0,78 ^{NS}	0,26 ^{NS}	6,97 ^{**}
CV (%)	0,55	1,9	24,0	15,0	1,1

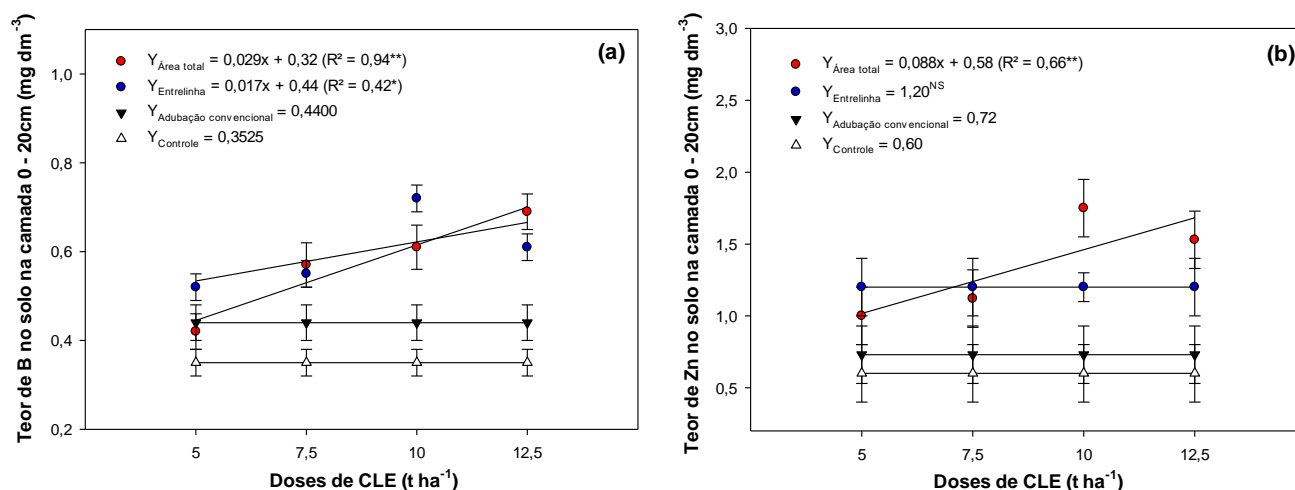


Figura 1 – Efeito do modo de aplicação em função das doses de CLE nos teores de B (a) e de Zn (b) na camada 0-20 cm de profundidade, após o cultivo da cultura da soja.