

## RESPOSTA PRODUTIVA DO MILHO VERDE À IRRIGAÇÃO COM ÁGUA SALINA, SUBMETIDO A ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INOCULAÇÃO COM *TRICHODERMA HARZIANUM*

Maria Vanessa Pires de Souza<sup>1</sup>, Thiago Mendonça Dominice<sup>2</sup>, Leonardo Vieira de Sousa<sup>3</sup>,  
Alexsandro Oliveira da Silva<sup>4</sup>, Geocleber Gomes de Sousa<sup>5</sup>, Rosana de Paula Jerônimo<sup>6</sup>

**RESUMO:** A irrigação com água salobra no semiárido brasileiro requer estratégias para mitigar seus efeitos sobre as culturas. Este estudo teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico do milho verde inoculado com *Trichoderma harzianum*, sob irrigação com água salina e adubação orgânica. O experimento ocorreu entre agosto e novembro de 2022, na fazenda experimental da UNILAB (Redenção, CE), com delineamento em blocos ao acaso, em parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. As parcelas principais foram duas condutividades elétricas da água (0,3 e 3,0 dS m<sup>-1</sup>); as subparcelas, três doses de esterco bovino (0, 10 e 20 t ha<sup>-1</sup>); e as sub-subparcelas, presença ou ausência de *T. harzianum*. Aos 80 dias, foram avaliados o diâmetro da espiga (DE), comprimento da espiga sem palha (CE) e produtividade da espiga com palha (PECP). O maior CE foi obtido com 10 t ha<sup>-1</sup>, possivelmente pela rápida mineralização do esterco em altas temperaturas. A inoculação favoreceu DE e PECP sob baixa salinidade, mas sem efeito significativo sob alta salinidade. A combinação da inoculação com a dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco resultou nos maiores valores de PECP, evidenciando os benefícios do manejo integrado.

**PALAVRAS-CHAVE:** *zea mays* L., salinidade, fungo, adubação orgânica.

---

<sup>1</sup> Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFC, CEP 60356-001, Fortaleza, CE. Fone (85) 987717446. e-mail: vanessa.pires@alu.ufc.br

<sup>2</sup> Mestrando em Ciência do Solo, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Doutor, UNILAB, Redenção, CE

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>5</sup> Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE.

<sup>6</sup> Mestranda em Ciência do Solo, UFC, Fortaleza, CE.

## **PRODUCTIVE RESPONSE OF GREEN CORN TO SALINE WATER IRRIGATION UNDER ORGANIC FERTILIZATION AND INOCULATION WITH *TRICHODERMA HARZIANUM***

**ABSTRACT:** Irrigation with brackish water in the Brazilian semi-arid region requires strategies to mitigate its effects on crops. This study aimed to evaluate the agronomic performance of green corn inoculated with *Trichoderma harzianum*, under saline water irrigation and organic fertilization. The experiment was conducted from August to November 2022 at UNILAB's experimental farm (Redenção, CE), using a randomized block design in split-split plots with four replications. Main plots consisted of two water electrical conductivities (0.3 and 3.0 dS m<sup>-1</sup>); subplots, three cattle manure doses (0, 10, and 20 t ha<sup>-1</sup>); and sub-subplots, presence or absence of *T. harzianum*. At 80 days, ear diameter (ED), ear length without husk (EL), and ear yield with husk (EYWH) were evaluated. The highest EL was obtained with 10 t ha<sup>-1</sup>, possibly due to rapid manure mineralization under high temperatures. Inoculation improved ED and EYWH under low salinity, but showed no significant effect under high salinity. The combination of inoculation and 10 t ha<sup>-1</sup> of manure resulted in the highest EYWH values, highlighting the benefits of integrated management.

**KEYWORDS:** *zea mays* L., salinity, fungus, organic fertilizer.

### **INTRODUÇÃO**

No Brasil, o milho desempenha um papel fundamental na agricultura, como o segundo grão mais produzido e sendo cultivado em todas as regiões do país (PINHEIRO et al., 2021). Entretanto, nas regiões semiáridas sua produção enfrenta diversos desafios, sendo a disponibilidade hídrica um dos principais.

Comumente, na maioria das vezes as fontes hídricas disponíveis nessas áreas apresentam elevados teores de sais (DIAS et al., 2021). O uso de água salina na agricultura modifica significativamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, resultando em redução do crescimento, do desenvolvimento e da produtividade das culturas (MUHAMMAD et al., 2021).

Diante desse cenário, estratégias são utilizadas para atenuar o estresse salino, como o emprego de adubação orgânica melhorando as condições físicas e químicas do solo, afetando o rendimento das culturas e substituindo parcial ou totalmente a fertilização química (FREIRE et

al. 2023). Visando o aumento da resistência das culturas aos estresses abióticos, também são utilizados microrganismos benéficos como algumas espécies do gênero *Trichoderma*, que possuem como características a habilidade de sobreviver em condições desfavoráveis, ótima eficiência na utilização de nutrientes e capacidade de promover o crescimento vegetal e a ativação de mecanismos de defesa (DINIZ, 2022). Diante ao exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade do milho verde (*Zea mays* L.) inoculado com *Trichoderma harzianum* e submetido à salinidade e doses de adubação orgânica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento ocorreu no período de agosto a novembro de 2022, na fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada em Redenção-CE. O clima da região é classificado como BSh' tropical quente semiárido úmido, com temperaturas muito quentes e chuvas predominantes nas estações do verão e do outono (ALVARES et al, 2013). Durante o ciclo experimental ocorreram precipitações de 9,25 mm e temperatura média de 29,57 °C.

Foram realizadas coletas de amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade e enviadas para análise. As análises químicas e físicas seguiram a metodologia proposta por TEIXEIRA et al. (2017).

**Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental

MO	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> + AL <sup>3+</sup>	SB	PST	CEes	pH (H <sub>2</sub> O)
g kg <sup>-1</sup>		mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%	dS m <sup>-1</sup>	
11,59	0,71	20	0,17	3,20	2,60	0,07	2,15	6,04	1,0	0,76	5,6

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; PST: Porcentagem de sódio trocável; CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC), organizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas principais corresponderam a dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: A1 – 0,3 dS m<sup>-1</sup> e A2 – 3,0 dS m<sup>-1</sup>). As subparcelas referiram-se a três quantidades de adubação orgânica, tendo como fonte o esterco bovino curtido (0, 10 e 20 t ha<sup>-1</sup>). As subsubparcelas foram compostas por tratamentos com e sem inoculação do solo com o bioinsumo à base do fungo *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ 1306), na forma de suspensão concentrada com concentração de 2,0 x 10<sup>9</sup> conídios viáveis/mL.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo, apresentando textura franco-arenosa. A cultura adotada no estudo foi o milho (*Zea mays* L.), da cultivar BRS Caatingueiro, estabelecida com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas.

O sistema de irrigação empregado foi do tipo localizado por gotejamento, utilizando emissores com vazão nominal de 8 L h<sup>-1</sup>. As irrigações foram realizadas diariamente, com base na demanda hídrica da cultura, calculada por meio da evapotranspiração da cultura (ETc), obtida a partir do produto entre a evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultura (Kc), conforme metodologia recomendada pelo FAO 56 (ALLEN et al., 2006). A estimativa diária da ETo foi feita com base nos dados obtidos de um tanque classe “A” posicionado nas proximidades da área de cultivo, dentro da Fazenda Experimental da Universidade.

Os coeficientes de cultura utilizados foram: 0,86 (até 40 dias após a semeadura, DAS), 1,23 (de 41 a 53 DAS), 0,97 (de 54 a 73 DAS) e 0,52 (de 74 DAS até o final do ciclo), com turno de irrigação de dois dias. Uma fração de lixiviação de 15% foi adicionada à lâmina de irrigação aplicada. O tempo de irrigação foi obtido usando a Equação (1):

$$It = \frac{ETc \times E_e \times E_l}{E_a \times q} \times 60$$

onde:

It — Tempo de irrigação (min);

ETc — Evapotranspiração da cultura do período (mm);

El – Espaçamento entre linhas (m);

Ee — Espaçamento entre emissores (m);

Ea — Eficiência de aplicação (0,92);

q — Vazão (L h<sup>-1</sup>)

A preparação das águas utilizadas para irrigação foi realizada da seguinte forma: a água com menor salinidade foi obtida a partir do sistema de abastecimento local, enquanto a água com maior condutividade elétrica foi preparada por meio da adição dos sais cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O) e cloreto de magnésio (MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O), respeitando a proporção iônica de 7:2:1, conforme recomendação de Medeiros (1992). As condutividades elétricas das soluções foram monitoradas com auxílio de um condutivímetro portátil.

Para a adubação orgânica, foi utilizado esterco bovino curtido, aplicado manualmente em covas laterais adjacentes às linhas de plantio, distribuído em dois momentos: na adubação de

fundação e na de cobertura. As doses corresponderam a 0%, 50% e 100% da recomendação nutricional para a cultura do milho, conforme Nascimento (2022), sendo calculadas com base na composição química do esterco.

**Tabela 2.** Características químicas do esterco bovino curtido utilizado nos tratamentos.

Esterco bovino curtido							
N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
-----g/kg-----							
19,60	4,95	0,67	1,38	3,85	0,55	0,04	0,10

O microrganismo utilizado no experimento foi o *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ 1306), proveniente de produto comercial formulado. A aplicação foi realizada manualmente, diretamente no solo, totalizando quatro aplicações ao longo do ciclo. A dose total aplicada foi de 4 L ha<sup>-1</sup>, sendo a primeira realizada no dia do plantio, e as demais em intervalos de 15 dias.

Aos 80 DAS quando o milho estava no estágio R4, foram coletadas 5 espigas da parcela útil e avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro da espiga (DE, mm), mensurado com paquímetro digital, comprimento da espiga sem palha (CE, cm) e produtividade da espiga com palha (PECP, kg ha<sup>-1</sup>) estimada a partir do peso médio da espiga e do estande de plantas estipulado por hectare (62.500 plantas há<sup>-1</sup>).

Após a obtenção dos dados, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e quando significativos pelo teste F, os dados foram submetidos ao teste de Tukey com nível de probabilidade de 0,05, utilizando o software Assistat 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

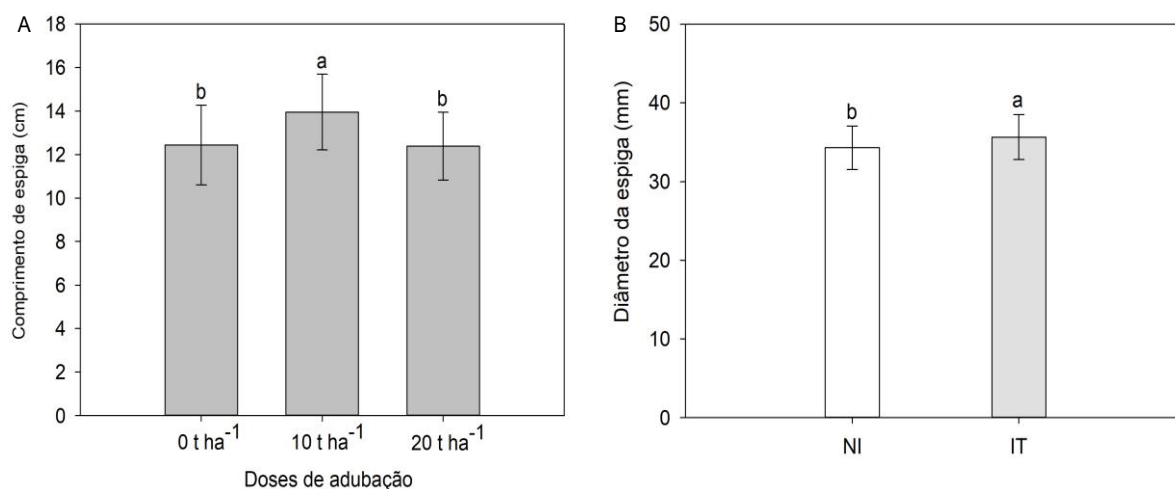
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito isolado de inoculação (I) foi observado para o diâmetro do colmo (DC) e de doses de adubação (DA) para comprimento de espiga (CE). Houve interação entre as doses de adubação orgânica e a inoculação com *Trichoderma harzianum* para a produtividade da espiga com palha (PECP) e interação entre CEa e inoculação para a variável PECP.

Em relação ao comprimento da espiga (Figura 1A), a dose de 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino resultou nos maiores valores, sendo estatisticamente superior às doses de 0 e 20 t ha<sup>-1</sup>. Esse efeito pode estar relacionado à maior disponibilidade de nutrientes, favorecida pela rápida mineralização do esterco sob altas temperaturas, o que contribui para o melhor desenvolvimento

da espiga. No entanto, resultados distintos foram encontrados por Reina et al. (2010), que, ao avaliarem diferentes doses de esterco bovino na cultura do milho, não observaram diferença significativa entre as doses de 10 e 20 t ha<sup>-1</sup> para o comprimento da espiga.

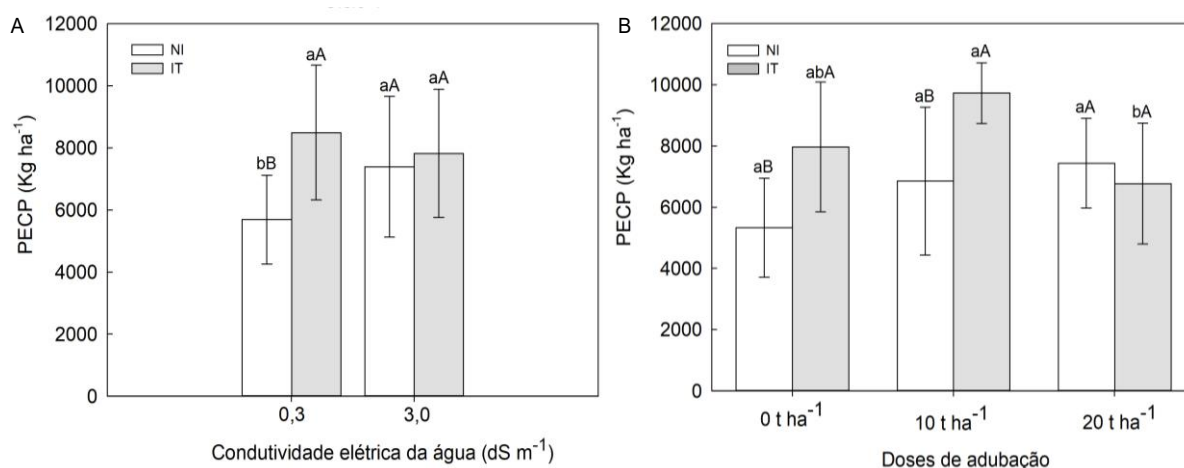
Para a variável diâmetro da espiga (Figura 1B), os tratamentos com inoculação de *Trichoderma harzianum* (IT) proporcionaram espigas com maior espessura. Esse resultado evidencia o potencial do bioestimulante em favorecer o desenvolvimento da planta. Achados semelhantes foram relatados por Steffen et al. (2021), que também observaram aumento significativo no diâmetro das espigas em plantas de milho inoculadas com o fungo.



**Figura 1.** Comprimento da espiga sob doses de adubação (A), diâmetro da espiga em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) (B).

Letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A produtividade de espigas com palha (PECP) foi significativamente favorecida pela inoculação com *Trichoderma* quando as plantas receberam irrigação com água de baixa salinidade, apresentando valores superiores em relação ao tratamento sem inoculação (NI). Por outro lado, na condição de irrigação com água de maior salinidade, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos IT e NI durante o primeiro ciclo (Figura 2A). Resultados semelhantes foram relatados por Sousa et al. (2023), que observaram que a irrigação com água de condutividade elétrica de 3 dS m<sup>-1</sup>, associada à inoculação com *Bacillus aryabhatai*, não influenciou a produtividade de espigas com palha em plantas de milho.



**Figura 2.** Produtividade da espiga com palha (PECP) sob solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) para diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CEa) (A).

Produtividade da espiga com palha (PECP) sob diferentes doses de adubação em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (B).

A: Letras minúsculas comparam as médias dos níveis de CEa dentro de solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT), e letras maiúsculas comparam as médias de NI e IT dentro de cada CEa pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

B: Letras minúsculas comparam valores médios entre as doses de adubação dentro de solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT), letras maiúsculas comparam as médias entre solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) dentro de cada dose de adubação pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

As diferentes doses de adubação também influenciaram significativamente a produtividade de espigas com palha (PECP) (Figura 2B). O maior valor médio foi registrado com a aplicação de 10 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino em plantas tratadas com *Trichoderma*, destacando o efeito positivo da interação entre adubação orgânica e inoculação. De forma semelhante, Syamsiyah et al. (2023), ao avaliarem doses de fertilizante mineral associadas ao uso de *Trichoderma*, verificaram aumento na produtividade das espigas com palha, sendo a combinação de  $\frac{3}{4}$  da dose recomendada de adubação mineral com o microrganismo a que apresentou os melhores resultados entre os tratamentos.

## CONCLUSÕES

A adubação orgânica na dose de 10 t ha<sup>-1</sup> associada à inoculação com *Trichoderma hazianum* resultou em uma maior eficiência produtiva, destacando-se como uma estratégia promissora para a maximização da produtividade.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - (311828/2022-1) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCTAgriS (CNPq/FUNCAP/CAPES), pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo, 298pp., Guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos, Estudio **FAO Riego y Drenaje**, No. 56, Roma, Italia, 2006.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., MORAES GONÇALVES, J. L., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift, Stuttgart**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

DIAS, E. M. S., PESSOA, Z. S., TEIXEIRA, R. L. P., & SILVA, L. C. S. (2021). Mudanças climáticas e agropecuária: vulnerabilidades da região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, 18(3, jul/set), 20-39.

DINIZ, G. L., COSTA, C. C., DE OLIVEIRA SOUSA, V. F., LOPES, K. P., BOMFIM, M. P., & DOS SANTOS, J. B. Uso de Trichoderma spp e estresse salino na produção de mudas de melancia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-16, 2022.

FREIRE, M. H. C. **Atributos químicos do solo e desempenho agrônômico da cultura do milho sob diferentes combinações de adubação orgânica e salinidade da água**. 2021. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1992.

MUHAMMAD, I.; SHALMANI, A.; ALI, M.; YANG, Q. H.; AHMAD, H.; LI, F. B. Mechanisms Regulating the Dynamics of Photosynthesis Under Abiotic Stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1-25, 2021.

NASCIMENTO, L. S. **Uso do *Trichoderma* e da adubação orgânica no cultivo do milho verde**. 2022. 15p. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR). Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção-CE, 2022.

PINHEIRO, L., P., MORAES GATTI, V. C., OLIVEIRA, J. T., SILVA, J. N., SILVA, V. F. A., & SILVA, P. A. (2021). Características agro econômicas do milho: uma revisão. **Natural Resources**, 11(2), 13-21.

REINA, E., REINA, E., AFFÉRI, F. S., CARVALHO, E. V., DOTTO, M. A., PELUZIO, J. M. Efeito de doses de esterco bovino na linha de semeadura na produtividade de milho. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 5, n. 5, p. 29, 2010.

SILVA, F.D.A.S., AZEVEDO, C.A.V.D. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, 3733–3740, 2016.

SOUSA, H. C., SOUSA, G. G., VIANA, T. V. A., PEREIRA, A. P. A., LESSA, C. I. N., SOUZA, M. V. P., GUILHERME, J. M. S., GOES, G. F., ALVES, F. G. S., GOMES, S. P., SILVA, F. D. B. *Bacillus aryabhatai* Mitigates the Effects of Salt and Water Stress on the Agronomic Performance of Maize under an Agroecological System. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1150, 2023.

STEFFEN, G. P. K., TOMAZZI, D. J., STEFFEN, R. B., GABE, N. L., SILVA, R. F., MORTARI, J. L. M., MALDANER, J., SANTOS, G. F. P. Increase in maize productivity through by *Trichoderma Harzianum* inoculation. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.1, 4455 – 4468, 2021.

SYAMSIYAH, J., HERDIANSYAH, G., HARTATI, S. Use of *Trichoderma* as an Effort to Increase Growth and Productivity of Maize Plants. Série de conferências do IOP. **Earth and Environmental Science**, vol. 1165, no. 1, pp. 012020, 2023.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 573 p, 2017.