



APLICAÇÃO DE TRICHODERMA NA CULTURA DO MILHO VERDE SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Maria Vanessa Pires de Souza¹, Jorge Gaspar Mendes², Geocleber Gomes de Sousa³, Henderson Castelo Sousa⁴, Carla Ingrid Nojosa Lessa⁵, Alexsandro Oliveira da Silva⁶

RESUMO: A salinidade do solo pode afetar negativamente a cultura do milho, uma vez que o excesso de sais pode interferir no equilíbrio osmótico das plantas, prejudicando sua absorção de água e nutrientes essenciais. No entanto, a adubação orgânica e o uso do *Trichoderma* podem ser benéficos para a cultura do milho em solos salinos. Objetivou-se avaliar a produção em plantas de milho submetidas a salinidade, doses de adubação orgânica na presença e ausência do *Trichoderma*. O experimento foi realizado em condições de campo. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subsubdivididas, com quatro blocos. As parcelas foram constituídas de duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): (A1 – 0,3 dS m⁻¹ e A2 – 3,0 dS m⁻¹), as subparcelas corresponderam a três doses de adubação orgânica (D0 = 0%; D50 = 50% e D100 = 100% da dose recomendada para a cultura) e as subsubparcelas foram constituídas pela presença e ausência do *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306). As variáveis analisadas foram: número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGPF) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹). O uso do *Trichoderma* influenciou no incremento produtivo do milho, a dose correspondente a 10 t ha⁻¹ de esterco propiciou maior número de grãos por fileira e produção de grãos. Houve redução na produção de grãos para a água de maior condutividade elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays*, microrganismo, salinidade.

EFFECT OF SALINE WATER AND ORGANIC FERTILIZATION ON GREEN CORN PRODUCTION WITH TRICHODERMA APPLICATION

¹ Doutoranda, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Av. Humberto Monte, s/n - Pici, CEP: 60440-593, Fortaleza - CE. Fone: (85)98771 7446. E-mail: vanessa.pires@alu.ufc.br

² Graduando em agronomia, UNILAB, Redenção, CE

³ Professor, Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE

⁴ Doutorando, departamento de engenharia agrícola, UFC, Fortaleza, CE

⁵ Mestranda, departamento de engenharia agrícola, UFC, Fortaleza, CE

⁶ Professor, Doutor, departamento de engenharia agrícola, UFC, Fortaleza, CE

ABSTRACT: Soil salinity can negatively affect the maize crop, since excess salts can interfere with the osmotic balance of plants, impairing their absorption of water and essential nutrients. However, organic fertilization and the use of *Trichoderma* can be beneficial for maize cultivation in saline soils. The objective was to evaluate the production in corn plants submitted to salinity, doses of organic fertilization in the presence and absence of *Trichoderma*. The experiment was conducted under field conditions. The experimental design adopted was randomized block design, with four repetitions. The plots were composed of two electrical conductivities of irrigation water (EC_w): (A1 - 0.3 dS m⁻¹ and A2 - 3.0 dS m⁻¹), the subplots corresponded to three doses of organic fertilizer (D0 = 0%, D50 = 50% and D100 = 100% of the recommended dose for the culture) and the subplots were constituted by the presence and absence of *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306). The variables analyzed were: number of rows (NR), number of grains per row (NGPR) and grain production (kg ha⁻¹). The use of *Trichoderma* influenced the increment in corn production, the dose corresponding to 10 t ha⁻¹ of manure provided greater number of grains per row and grain production. There was a reduction in grain production for the water with the highest saline level.

KEYWORDS: *Zea mays*, Microorganism, salinity.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho desempenha um papel de grande importância na economia brasileira, devido aos seus aspectos multifuncionais. Além de ser utilizado na fabricação de diversos produtos, o milho também é uma fonte de alimentação tanto para seres humanos como para animais (SOUSA, 2020). No entanto, a produção de milho enfrenta desafios em Regiões Semiáridas, devido à elevada evapotranspiração e à distribuição irregular das chuvas. Nesses casos, a irrigação desempenha um papel fundamental para obter uma boa produção. No entanto, a escassez de água doce em algumas regiões tem levado os agricultores a buscarem alternativas, como a irrigação com água salina. É importante ressaltar que o milho apresenta baixa tolerância à salinidade, o que pode afetar negativamente seu cultivo (HOLANDA et al., 2016).

Uma estratégia que pode auxiliar na superação desses desafios é o uso de adubação orgânica. A adubação orgânica tem o potencial de melhorar a qualidade do solo, aumentar a retenção de água e nutrientes, e fornecer nutrientes de forma mais equilibrada para as plantas (DONG et al., 2022). Estudos realizados por Freire et al. (2022) avaliaram o uso de biofertilizante bovino e observaram um efeito atenuante na cultura do milho irrigada com água

salina. Esses resultados sugerem que a adubação orgânica pode ser uma estratégia eficaz para minimizar os efeitos negativos da irrigação com água salina na produção de milho.

Outra prática promissora que pode ser adotada é o uso de bioinsumos, com destaque para o gênero *Trichoderma*. Esses fungos podem colonizar o sistema radicular, formando uma simbiose que estimula o crescimento das raízes e aumenta a capacidade de absorção de nutrientes essenciais (BADER et al., 2020). Esse fungo tem a capacidade de induzir resistência as plantas a estresses abióticos, proporcionando uma melhora no desenvolvimento das plantas, pois eles desenvolvem relações simbióticas com as raízes, favorecendo seu crescimento e aumentando a eficiência das plantas em absorver nutrientes (AKLAUDIOS & ABBAS, 2014; KUMAR et al., 2017).

Ao adotar essas práticas, os agricultores podem obter um sistema de produção mais sustentável, com plantas mais resistentes a condições adversas do ambiente. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito do *Trichoderma* na produtividade do milho verde submetidas a salinidade e doses de adubação orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em condições de campo, na fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, localizada na cidade de Redenção-CE. O clima da região é do tipo BSh' com temperaturas muito quentes e chuvas predominantes nas estações do verão e do outono (ALVARES et al., 2013).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): (A1 – 0,3 dS m⁻¹ e A2 – 3,0 dS m⁻¹), as subparcelas foram compostas por três doses de adubação orgânica 0, 10 e 20 t ha⁻¹, correspondendo, respectivamente a D0= 0%; D50= 50% e D100= 100%, da dose recomendada para a cultura e as subsubparcelas corresponderam a presença e ausência do *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306).

A cultura utilizada foi o milho (*Zea mays* L.), cultivar BRS Caatingueiro, por ser uma cultura superprecoce, adaptada a Região Semiárida, com resistência ao acamamento e quebramento. O espaçamento utilizado no experimento foi de 0,8 × 0,2 m entre linhas de plantio e entre plantas, respectivamente.

Amostras de solo na camada de 0-20 cm de profundidade foram coletadas e enviadas para análise no laboratório de Solo e Água do Departamento de Ciências do Solo/UFC. As análises químicas e físicas (tabela 1) seguiram a metodologia proposta por Teixeira et al. (2017). A classificação do solo da área experimental é Argissolo, de textura franco-arenosa.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ + AL ³⁺	SB	PST	CEes	pH (H ₂ O)
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----					%	dS m ⁻¹		
11,38	0,72	12	0,14	3,40	2,40	0,08	1,98	6,0	1,0	0,67	5,4

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

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi por gotejamento, com emissores de vazão correspondente a 8 L h⁻¹. A irrigação ocorreu com frequência diária, com base na evapotranspiração máxima da cultura (ET_c), que foi estimada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) pelo coeficiente de cultura (K_c), conforme método proposto pela FAO 56 (ALLEN et al., 2006). A ET_o foi estimada diariamente, utilizando um tanque evaporímetro de tipo classe “A” localizado próximo da área experimental, pertencente a 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):

$$Ti = \frac{ETPc \times Ep}{Ea \times q} \times 60 \quad (1)$$

Em que:

Ti - Tempo de irrigação (min);

ETPc - Evapotranspiração da cultura no período (mm);

Ep - espaçamento entre gotejadores;

Ea - Eficiência de aplicação (0,92);

q - vazão (L h⁻¹).

A preparação das águas utilizadas na irrigação ocorreu da seguinte forma: a de menor salinidade foi proveniente de abastecimento local, já a de maior teor salino foi obtida através da adição dos sais cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂·2H₂O) e cloreto de magnésio (MgCl₂·6H₂O) mantendo proporção equivalente de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992). Sendo as condutividades monitoradas constantemente por meio de condutivímetro portátil.

Para a adubação orgânica, foi utilizado esterco curtido, aplicado em covas laterais próximas as linhas de plantio, em dois períodos (fundação e cobertura). As doses foram divididas em 0, 50 e 100% da recomendação de adubação para a cultura do milho (FERNANDES, 1993), calculadas conforme a análise do material.

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), produto comercial em forma de pó molhável. A aplicação ocorreu de forma manual, via solo, sendo realizadas três vezes antes de concluir o período de crescimento, conforme a indicação do fabricante (2 kg ha⁻¹). A primeira aplicação ocorreu no dia do plantio, as demais ocorreram a cada 15 dias.

Aos 80 dias após a semeadura foram colhidas as espigas de 5 plantas por parcela, sendo avaliadas o número de fileira na espiga (NF), número de grãos por fileira (NGPF) e através do peso médio de grãos, foi estimada a produtividade de grãos, em kg ha⁻¹. Após obtenção dos dados, foi aplicada a análise de variância 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

De acordo com a análise de variância (Tabela 3), não houve efeito significativo para a variável número de fileiras. Já para número de grãos por fileira, houve interação entre os fatores adubação e microrganismo. Para produtividade ocorreu interação entre as variáveis salinidade e adubação e adubação e microrganismo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis número de fileiras (NF), número de grãos por fileira (NGPF) e produtividade (PROD) do milho verde, irrigado com água salina, submetido a diferentes doses de adubação na presença/ausência do *Trichoderma*.

FV	GL	Quadrado Médio		
		NF	NGPF	PROD
Blocos	3	1.29 ^{ns}	8.99 ^{ns}	204887.19 ^{ns}
CEa	1	3.03 ^{ns}	40.60 ^{ns}	682500.18 ^{ns}
Resíduo	3	0.88	23.00	789775.18
Adubação (ADU)	2	1.64 ^{ns}	54.67*	2851926.85**

Resíduo	12	0.01379	9.01	366542.56
Microorganismo (MIC)	1	0.08898 ^{ns}	66.58*	3788050.00**
Resíduo	18	0.50902	11.85	342371.06
CEa x ADU	2	0.01379 ^{ns}	0.82 ^{ns}	158174.51 ^{ns}
CEa x MIC	1	0.4537 ^{ns}	9.39 ^{ns}	4891981.40**
ADU x MIC	2	0.12782 ^{ns}	84.64**	1260494.24*
CEa x ADU x MIC	2	0.98428 ^{ns}	11.85 ^{ns}	1134077.86 ^{ns}
CV (%) - CEa		7.81	22.91	31.81
CV (%) - ADU		8.22	14.34	21.67
CV (%) - MIC		5.91	16.45	20.94

FV – Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação; ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$); * Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns – não significativo ($p \geq .05$).

Na presença do microrganismo, o número de grãos por fileira foi incrementado (Figura 1) nas doses 0 e 50%. O que pode indicar que a presença do microrganismo está associada a um incremento no número de grãos, principalmente nestas duas doses. Já na ausência, a dose 50% foi a que proporcionou maior NGPF embora não tenha diferido estatisticamente da dose 100%.

O *Trichoderma* é conhecido por sua capacidade de colonizar solos e substratos orgânicos, sendo considerados saprófitos. Logo este fungo tem a capacidade de trabalhar decompondo a matéria orgânica, além disso, possuem a capacidade de solubilizar e disponibilizar os nutrientes para as plantas, o que vai melhorar a absorção de nutrientes e promover o melhor desenvolvimento, refletindo em um maior enchimento de grão na espiga (AKLADIOUS & ABBAS, 2014; BADER et al., 2020).

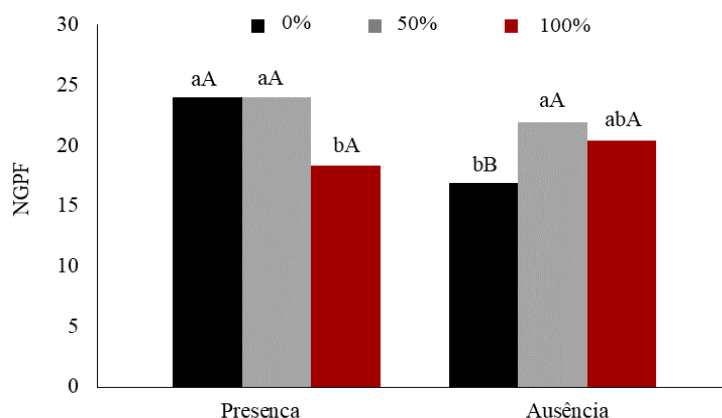


Figura 1. Número de grãos por fileira em plantas de milho submetidas a doses de adubação com presença e ausência do *Trichoderma harzianum*. Letras minúsculas comparam valores médios entre as doses de adubação na presença/ausência do *Trichoderma*; letras maiúsculas comparam as médias entre a presença/ausência do micro em cada dose de adubação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Corroborando com os resultados encontrados nesta pesquisa, Steffen et al. (2021) também observaram maior NGPF em plantas na presença do *T. Harzianum*. Esses mesmos os autores,

destacaram que esse incremento está relacionado a capacidade das plantas adquirirem mais água e nutrientes, quando comparada as que não receberam o microrganismo.

De acordo com a figura 2A na presença do *Trichoderma*, a dose 50% proporcionou maior produção de grãos nas plantas de milho avaliadas, com 3848,19 Kg ha⁻¹, enquanto que as doses 0 e 100% não diferiram estatisticamente entre si. Os resultados podem sugerir que a dose de 50% foi o mais eficaz em termos de incremento da produção de grãos, já as doses mínima e máxima (0% e 100%) não apresentaram benefícios adicionais.

Já na ausência do microrganismo, as doses de adubação orgânica não apresentaram diferenças significativas entre si. Apesar deste resultado, a aplicação do insumo orgânico, resultou no aumento da produção de grãos em comparação à ausência de adubação. Especificamente, a dose de 50% levou a uma produção de grãos de 457 kg ha⁻¹, enquanto a dose de 100%, resultou no incremento de 423,99 kg ha⁻¹.

Resposta diferente foi encontrada por Silva et al. (2004) trabalhando com diferentes doses de esterco na produção do milho verde, constataram aumento no rendimento de grãos à medida que se elevou as doses aplicadas.

Observa-se na figura 2B, que para o nível de menor CEa (0,3 dS m⁻¹) a presença do microrganismo influenciou positivamente o peso de grãos, com média de 3274,79 kg ha⁻¹, já na ausência, houve uma redução de 36,64% para o mesmo nível salino. Já sob irrigação salina (3,0 dS m⁻¹), não foi observado diferença estatística na presença ou ausência do *Trichoderma*. Esses resultados podem estar associados a capacidade do *Trichoderma* colonizar a rizosfera, produzindo substância como o ácido indol-3 acético (AIA) e solubilizando nutrientes essenciais à cultura (BADER et al., 2020), o que vai refletir na produtividade quando na presença do microrganismo. Os dados alcançados neste trabalho apontam o potencial em promover incrementos na produção do milho em condições de campo.

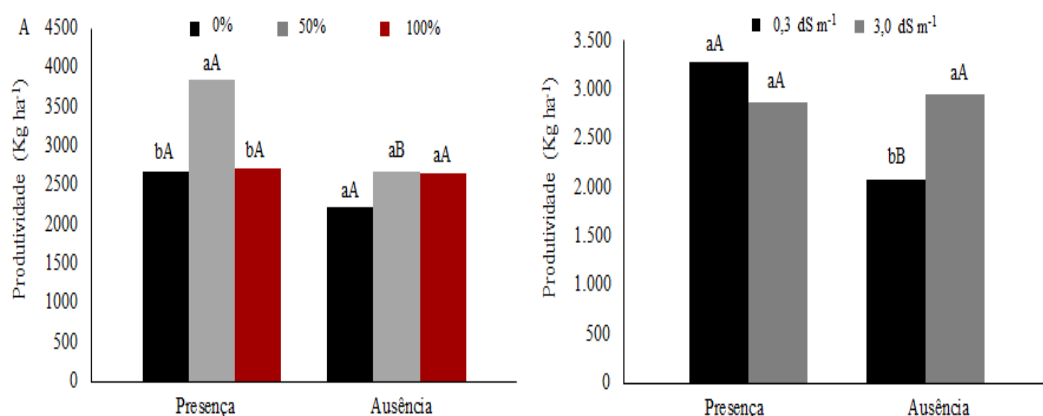


Figura 2. Produtividade de grãos de milho submetidas a doses de adubação com presença e ausência do *Trichoderma harzianum* (A). Produtividade em grãos de milho submetidas a diferentes CEa com presença e ausência do *Trichoderma harzianum* (B).

A: Letras minúsculas comparam valores médios entre as doses de adubação na presença/ausência do *Trichoderma*; letras maiúsculas comparam as médias entre a presença/ausência do micro dentro de cada dose de adubação pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

B: Letras minúsculas comparam as médias dos níveis de CE na presença /ausência, e letras maiúsculas comparam as médias na presença/ausência dentro de cada CEa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

CONCLUSÕES

O uso do *Trichoderma* influenciou no incremento em produção do milho, a dose correspondente a 10 t ha⁻¹ de esterco, propiciou maior número de grãos por fileira e produção de grãos. Houve redução na produção de grãos para a água de maior nível salino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKLADIOUS, S. A.; ABBAS, S. M. Aplicação de *Trichoderma harzianum* T22 como potencial biofertilizante na cultura do milho. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 1, p. 30-49, 2014.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Evapotranspiration del cultivo: Guías para a ladeterminacion de losrequeriments de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006, 298p. (FAO, Estúdio de Riego e DrenajePaper, 56).

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BADER, A. N.; SALERNO, G. L.; COVACEVICH, F.; CONSOLO, V. F. Native *Trichoderma harzianum* strains from Argentina produce indole-3 acetic acid and phosphorus solubilization, promote growth and control wilt disease on tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of King Saud University-Science**, v. 32, n. 1, p. 867-873, 2020.

DONG, L.; ZHANG, W.; XIONG, Y.; ZOU, J.; HUANG, Q.; XU, X.; REN, PING.; HUANG, G. Impact of short-term organic amendments incorporation on soil structure and hydrology in

semiarid agricultural lands. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 10, n. 3, p. 457-469, 2022.

FERNANDES, V. L. B.; AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, p. 248, 1993.

FREIRE, M. H. D. C.; VIANA, T. V. D. A.; SOUSA, G. G. D.; AZEVEDO, B. M. D.; SOUSA, H. C.; GOES, G. F.; LESSA, C. I. N.; SILVA, F. D. Organic fertilization and salt stress on the agronomic performance of maize crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 848-854, 2022.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. SILVA SÁ, F. V. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. (org.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 149-162.

KUMAR, K.; MANIGUNDAN, K.; AMARESAN, N. Influência de *Trichoderma* spp tolerante ao sal. no crescimento do milho (*Zea mays*) sob diferentes condições de salinidade. **Journal of basic microbiology**, v. 57, n. 2, p. 141-150, 2017.

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.

SANTOS, R. H. S.; DIAS, M. S.; SILVA, F. D. A.; SANTOS, J. P. O.; SANTOS, S. C.; REIS, L. S.; TAVARES, C. L. Matéria orgânica como atenuante da salinidade da água de irrigação na cultura do milho. In: **Colloquium Agrariae**. 2020. p. 84-93.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. (2016). The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, 11(39), 3733-3740.

SILVA, J. D.; LIMA E SILVA, P. S.; OLIVEIRA, M. D.; BARBOSA E SILVA, K. M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 326-331, 2004.

SOUSA, V. F. A cultura do milho-verde e sua importância socioeconômica. In: SOUSA, V. F.; ZONTA, J. B. (Eds). **Cultivo do milho-verde irrigado na Baixada Maranhense São Luís**.

Embrapa Cocais, 2020. cap. 1. p. 15-19. (Documentos / Embrapa Cocais, 6; Documentos / Embrapa Meio-Norte, 264).

STEFFEN, G. P. K.; TOMAZZI, D. J.; STEFFEN, R. B.; GABE, N. L.; SILVA, R. F.; MORTARI, J. L. M.; MALDANER, J. Incremento da produtividade de milho pela inoculação de *Trichoderma Harzianum* Increase in maize productivity through by *Trichoderma Harzianum* inoculation. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4455-4468, 2021.

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