

RESPOSTAS DO MILHO SEGUNDA SAFRA AO USO DE BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FÓSFORO E FIXADORAS BIOLÓGICAS DE NITROGÊNIO

Eduardo Borge Napp¹, Eliane Regina Archangelo², Maria Eduarda A. Fontes³, Bruna Maria Santos de Oliveira⁴, Albert Lennon Lima Martins⁵

RESUMO

Uma alternativa para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados é a fixação biológica de nitrogênio. Destacam-se, dentre as tecnologias para aumentar essa eficiência, os microrganismos solubilizadores de fósforo. Desta forma, objetivou-se avaliar o milho segunda safra submetido às bactérias solubilizadoras de fósforo e fixadoras biológica de nitrogênio. O experimento foi conduzido em condições de campo de março a junho de 2021 na região centro-sul do estado do Tocantins, Brasil. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com 7 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos utilizados foram T1= 0 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP; T2= 240 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP; T3= 240 kg ha⁻¹ de AM; T4= 140 kg ha⁻¹ de AM; T5= 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN; T6= 140 kg ha⁻¹ de AM + MBP; T7= 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP. Adubação mineral utilizado foi o formulado 05-35-00 (AM) e inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo (MBP) e fixadores biológico de nitrogênio (FBN). Foram avaliados a altura de planta (AP), diâmetro de colmo (DC) e índice de área foliar (IAF) e a produtividade da cultura. Para AP e DC obteve melhores médias nas doses de 240 kg ha⁻¹ de AM - FBN + MBP, com 0,75 (m) e 11,18 (mm), respectivamente. Em IAF houve um incremento de 18,45% a mais do tratamento de 240 kg ha⁻¹ de AM - FBN + MBP (245,84 cm²), quando comparado a segunda maior média de 200,37 cm² do tratamento 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP. Concluiu-se o tratamento utilizado 240 kg ha⁻¹ da formulação de 05-35-00 na linha de semeadura, inoculado FBN (*Azospirillum brasiliense*) e MBP (*Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*), obteve melhores médias em AP, DC, IAF e maior produtividade quando comparadas aos demais tratamentos.

Palavras-chave: *Azospirillum*, inoculante, microrganismos, *Zea mays*.

SECOND CROP CORN SUBJECTED TO PHOSPHORUS SOLUBILIZING AND BIOLOGICAL NITROGEN FIXING BACTERIA

ABSTRACT

An alternative to reducing the use of nitrogen fertilizers is biological nitrogen fixation and among the technologies to increase the efficiency of *phosphorus* use, phosphate solubilizing microorganisms stand out. In this way, the objective was to evaluate the second harvest of corn subjected to phosphorus-solubilizing and biological nitrogen-fixing bacteria. The experiment was conducted under field conditions from March to June

¹Acadêmico do Curso de Agronomia, Centro Universitário Católica do TO, Rodovia TO-050, Loteamento Coqueirinho, Lote 7, CEP: 77.020-000, Palmas-TO, Brasil, eduardo.ebn.ebn@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0009-4705-7462>. ²Professora do Curso de Tecnologia de Gestão em Agronegócio, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03, centro, CEP: 77.020-122, Palmas-TO, Brasil, elianerarchangelo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8601-7035>. ³Acadêmica da FSW - Florida SouthWestern State College, Parkway FSW, 13301, Fort Myers, Flórida, meafontes@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0004-7641-1356>. ⁴Professora do Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal do Oeste da Bahia, R. Teixeira de Freitas, S/n – Assunção Centro, CEP: 47.100-000 - Barra, BA – Brasil, bmsoliveira@ufob.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-9994-6514>. ⁵ Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03, centro, CEP: 77.020-122, Palmas-TO, Brasil, albert.ll@unitins.br; <https://orcid.org/0000-0003-2683-2035>

2021 in the south-central region of the state of Tocantins, Brazil. The experimental design used was a randomized block design with seven treatments and four replications. The treatments included: T1 = no mineral fertilizer (NPK) + biological nitrogen fixation (BNF) + phosphate-solubilizing microorganisms (PSM); T2 = 240 kg ha⁻¹ of NPK + BNF + PSM; T3 = 240 kg ha⁻¹ of NPK; T4 = 140 kg ha⁻¹ of NPK; T5 = 140 kg ha⁻¹ of NPK + BNF; T6 = 140 kg ha⁻¹ of NPK + PSM; and T7 = 140 kg ha⁻¹ of NPK + BNF + PSM. The mineral fertilizer used was a 05-35-00 formulation (NPK), with inoculation of phosphate-solubilizing bacteria (PSM: *Bacillus megaterium* and *Bacillus subtilis*) and biological nitrogen-fixing bacteria (BNF: *Azospirillum brasilense*). The study evaluated plant height (PH), stem diameter (SD), leaf area index (LAI), and crop yield (CY). For plant height and stem diameter, the treatment with 240 kg ha⁻¹ of NPK + BNF + PSM showed the highest values, reaching 0.75 m and 11.18 mm, respectively. The leaf area index increased by 18.45% with the same treatment, reaching 245.84 cm² compared to the second-highest value of 200.37 cm² in the treatment with 140 kg ha⁻¹ of NPK + BNF + PSM. In conclusion, the treatment with 240 kg ha⁻¹ of NPK, inoculated with *Azospirillum brasilense*, *Bacillus megaterium*, and *Bacillus subtilis*, resulted in the highest plant height, stem diameter, leaf area index, and productivity compared to the other treatments.

Keywords: *Azospirillum*, inoculation, microorganisms, solubilizers, *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é originário das Américas, mais especificamente do México, América Central ou Sudoeste dos Estados Unidos, além de ser um dos grãos mais cultivados no mundo em razão de seus múltiplos usos e potencial de produção (Silva et al., 2021). O grão é de grande importância por ser utilizado em muitas formas. A maior e mais importante delas é a ração animal. É usado, também, na indústria para consumo humano, na produção de etanol, e como principal fonte de bioenergia de alguns países (Cadore et al., 2016).

A segunda safra do milho é caracterizada pelo cultivo em sequeiro com semeadura realizada após uma cultura de verão, geralmente a soja. O sistema soja/milho segunda safra apresenta níveis de produtividade muito variáveis, a depender das características regionais envolvendo solo, clima, épocas de semeadura e nível de manejo empregado pelos produtores (Resende et al., 2018).

A nutrição da cultura é um ponto chave para obtenção de boas produtividades, embora haja, com frequência, relatos de áreas com elevados rendimentos, a ocorrência de falhas no suprimento de nutrientes é mais comum do que se imagina (Resende et al., 2018). Para obtenção de elevadas produtividades esta cultura remove grandes quantidades de nitrogênio, necessitando de um manejo adequado da adubação nitrogenada para complementar a quantidade de nitrogênio fornecida pelo solo e reduzir gastos desnecessários com a compra do adubo nitrogenado (Gazola, 2014).

Uma alternativa para a redução no uso de fertilizantes nitrogenados é a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Esse processo compreende diversos grupos filogenéticos bacterianos, denominados diazotróficos, caracterizados por conterem a enzima hidrogenase, responsável por catalisar o nitrogênio atmosférico (N_2) e reduzi-lo até amônia, disponibilizando formas de nitrogênio que são absorvidas pelas plantas (Carmo et al., 2020).

A maior aquisição de fósforo pela planta se dá nos estágios iniciais de seu crescimento, sendo que o mesmo é um dos macronutrientes mais limitantes da produtividade agrícola nos solos tropicais (Augusto et al., 2017). Dentre as alternativas para aumentar a eficiência de uso dos nutrientes, a utilização de microrganismos solubilizadores de fosfato são promissores por apresentar baixo custo, não causam danos ambientais e ainda podem ser usados para suplementar os fertilizantes minerais (Junior et al., 2022a). A inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato ou a manipulação de suas populações no solo estão sendo usados cada vez mais como forma de reduzir ou mesmo sobrepor o uso de fertilizantes fosfáticos, já que por meio de seus mecanismos solubilizadores causam melhor rendimento dos fosfatos naturais existentes ou residuais do solo (Junior et al., 2022b; Martins et al., 2022; Sousa et al., 2021).

Uma alternativa sustentável para essa problemática, além da melhoria da microbiota do solo e aumento da produtividade agrícola, tem sido a utilização de microrganismos promotores de crescimento. Diante do exposto, objetivou-se avaliar as respostas do milho segunda safra quanto as características agronômicas em função de inoculação de bactérias solubilizadoras de fósforo e fixadoras biológica de nitrogênio em Chapada da Natividade, região centro-sul do estado do Tocantins.

MATERIAL E MÉTODOS

A condução do experimento foi no período de março a junho de 2021 na Fazenda Nova Querência, município de Chapada da Natividade - TO. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho amarelo com características física e química apresentados na Tabela 1, o qual é uma área de segundo ciclo cultivado por culturas anuais, onde a cultura anterior foi a soja. Logo após a colheita da soja foi realizada a semeadura do milho híbrido precoce (30A37PWU-MORGAN), com recomendação semeadura plantio em segunda safra.

Tabela 1. Características químicas e físicas (camada de 0-20 cm do solo) da área experimental da Fazenda Nova Querência localizada no município de Chapada da Natividade-TO, Safra 2021.

pH	P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	Al	H+Al	T
CaCl ₂	-----mg dm ⁻³ -----						-----cmol _c dm ⁻³ -----					
5,67	6,93	5,42	0,38	24,75	0,48	1,82	0,28	1,50	0,92	0,00	1,65	4,36
*M.O	V		Argila		Silte		Areia					
dag kg ⁻¹	-----%-----											
1,48	61,97		27,5		6,88		65,62					

*M.O: Matéria orgânica.

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados composto por 7 tratamentos e 4 repetições (Tabela 2). Os inoculantes foram aplicados no tratamento de sementes (TS), onde o microrganismo fixador biológico de nitrogênio (FBN) foi *Azospirillum brasiliense*

(NodusGreenAZ[®]) e os solubilizadores de fósforo (MBP) foram *Bacillus megaterium* (cepas BRM 119) e *Bacillus subtilis* (BRM 2084) (BiomaPhos[®]). Todos foram aplicados a uma concentração de 100 mL ha⁻¹ para cada 50 kg de semente⁻¹.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos estabelecidos a partir do formulado 05-35-00 (N-P-K) adubo mineral (AM) e inoculado com microrganismos solubilizadores de fósforo (MBP) e fixadores biológico de nitrogênio (FBN), da área experimental da Fazenda Nova Querência, localizada no município de Chapada da Natividade - TO, Safra 2021.

	05-35-00 240 kg ha ⁻¹	05-35-00 140 kg ha ⁻¹	MBP	FBN
T1= 0 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	—	—	X	X
T2= 240 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	X	—	X	X
T3= 240 kg ha ⁻¹ de AM	X	—	—	—
T4= 140 kg ha ⁻¹ de AM	—	X	—	—
T5= 140 kg ha ⁻¹ de AM + FBN	—	X	—	X
T6= 140 kg ha ⁻¹ de AM + MBP	—	X	X	—
T7= 140 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	—	X	X	X

T1 = 0 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T2 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T3 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T4 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T5 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN); T6 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T7 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP).

A avaliação das plantas foram aleatoriamente constituída por cinco plantas de milho por bloco, onde foram realizadas as seguintes avaliações: Altura de planta (AP) - distância entre a superfície do solo e a extremidade da inflorescência masculina; diâmetro de colmo (DC) - determinado no primeiro entrenó acima do colo da planta; e índice de área foliar (IAF) (cm²) - foi determinado medindo-se o comprimento vezes a largura, vezes o fator de correção (C x L x FC), de cada folha no mesmo dia da coleta. O fator de correção utilizado neste experimento foi de 0,7 (Fancelli e Dourado-Neto, 2000).

Para as características de AP e DC as avaliações foram realizadas aos 30 DAS e para a característica de IAF foi realizada aos 50 DAS.

A semeadura foi realizada com uma semeadeira de 10 linhas (5 metros de comprimento e entrelinhas de 0,50 m), semeada sobre as linhas da cultura antecessora. A distância foi de 30 metros de comprimento, com a área total 150 m² (30 x 5 m) de cada tratamento com espaçamento entre sementes de 40 cm a uma profundidade de 3 cm, com *stand* esperado de 60.000 plantas ha⁻¹.

Na adubação mineral (AM), em cada linha foi aplicada o formulado 05-35-00 (N-P-K), com duas dosagens a fim de verificar o comportamento da planta inoculada com os microrganismos. As doses utilizadas foram: a) Dose recomendada com 240 kg ha⁻¹ (84 kg ha⁻¹ de P₂O₅); b) Metade da dose recomendada com 140 kg ha⁻¹ (49 kg ha⁻¹ de P₂O₅). A

adubação de cobertura foi realizada de forma manual após 36 dias da semeadura, em parcela única, na qual foi utilizado sulfato de amônia $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, sendo 200 kg ha^{-1} e 100 kg ha^{-1} (conforme tratamentos), e

cloreto de potássio KCl, 70 kg ha^{-1} e 35 kg ha^{-1} (conforme tratamentos) (Tabela 3). A adubação foi realizada em estágio V7.

Tabela 3. Adubação de cobertura com $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e KCl com duas concentrações para os diferentes tratamentos utilizados na área experimental da Fazenda Nova Querência, localizada no município de Chapada da Natividade-TO, Safra 2021.

Tratamentos	200 $\text{kg ha}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 70 kg ha^{-1} KCl	100 $\text{kg ha}^{-1}(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 35 kg ha^{-1} KCl
T1= 0 kg ha^{-1} de AM + FBN + MBP	—	—
T2= 240 kg ha^{-1} de AM + FBN + MBP	X	—
T3= 240 kg ha^{-1} de AM	X	—
T4= 140 kg ha^{-1} de AM	—	X
T5= 140 kg ha^{-1} de AM + FBN	—	X
T6= 140 kg ha^{-1} de AM + MBP	—	X
T7= 140 kg ha^{-1} de AM + FBN + MBP	—	X

T1 = 0 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T2 = 240 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T3 = 240 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM); T4 = 140 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM); T5 = 140 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN); T6 = 140 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T7 = 140 kg ha^{-1} de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP).

O controle de insetos e plantas daninhas foram realizados conforme preconizado para a cultura. Ocorreu as seguintes aplicações: Pós-emergente, 5 dias após a semeadura, com Glifosato 360[®] (GLIFOSATO) (2,5 kg ha^{-1}) e Atrazina 500 SC[®] (ATRAZINA) (1,6 L ha^{-1}); Controle de Cigarrinha (*Dalbulus maidis*), 20 dias após semeadura, com Nupride 700 WG[®] (IMIDACLOPRIDO) (300 g ha^{-1}) e PROCLAIM[®] 50 (Benzoato) (0,90 g ha^{-1}); Controle de capim pé de galinha (*Eleusine indica*), 22 dias após semeadura, com Meson 480 SC (MESOTRIONA) (0,40 L ha^{-1}).

Aos 130 DAS do milho foi realizado a colheita de forma manual, com a planta e grãos seco, após a colheita foi feito debulho das espigas manualmente com a umidade corrigida para 13% e

armazenado em sacos para pesagem em balança de precisão.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito das combinações de Adubo mineral (AM) utilizando o 05-35-00 (N-P-K); microrganismos solubilizadores de fósforo (MBP) com a presença de *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*; e fixadores biológico de nitrogênio (FBN) com *Azospirillum brasiliense* podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Médias de altura de plantas (AP) e diâmetro do colmo (DC) de milho aos 50 dias após a semeadura (DAS) na área experimental da Fazenda Nova Querência, localizada no município de Chapada da Natividade-TO, Safra 2021.

Tratamentos	50 DAS	
	AP(m)	DC(mm)
T1= 0 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	0,58 b	7,52 b
T2= 240 kg ha ⁻¹ de AM - FBN + MBP	0,75 a	11,18 a
T3= 240 kg ha ⁻¹ de AM	0,67 ab	9,38 ab
T4= 140 kg ha ⁻¹ de AM	0,61 b	7,61 b
T5= 140 kg ha ⁻¹ de AM + FBN	0,62 b	8,15 b
T6= 140 kg ha ⁻¹ de AM + MBP	0,67 ab	9,01 ab
T7= 140 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	0,66 ab	9,10 ab
CV (%)	9,83	20,34
Média geral	0,65	8,85

T1 = 0 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T2 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T3 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T4 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T5 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN); T6 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T7 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP). Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Para os parâmetros de Altura de Plantas (AP) e diâmetro do colmo (DC) houve diferença estatística ($p \leq 0,05$). Onde as maiores médias foram para os tratamentos de 240 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP, 240 kg ha⁻¹ de AM, 140 kg ha⁻¹ de AM + MBP e 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP, onde foram iguais estatisticamente ($p \leq 0,05$) em ambas características avaliadas (Tabela 4).

Vale destacar que para a característica de AP o tratamento de 240 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP a média de AP alcançou 75 centímetros (cm), apresentando um acréscimo mínimo de cerca de 10% quando comparado aos demais tratamentos (Tabela 4). Seguidos dos demais tratamentos 0 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP, 140 kg ha⁻¹ de AM, 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN, 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP, 140 kg ha⁻¹ de AM + MBP e 240 kg ha⁻¹ de AM, onde obtiveram médias variando 13,4% entre os tratamentos iguais estatisticamente ($p \leq 0,05$) (Tabela 4).

Segundo Chargas et al. (2018), os benefícios proporcionados pelas espécies de *Bacillus* spp. se multiplicam quando combinados com outras práticas de manejo adequadas, como a adubação, pois a combinação de diferentes estratégias garante um ambiente mais saudável e produtivo para as plantas. Além disso, *Bacillus subtilis* estimula o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente aumenta a produtividade de grãos, além de promover

o acúmulo de matéria seca nas plantas (Lima et al., 2011).

Já para o parâmetro de diâmetro do colmo (DC) houve um acréscimo de 32% a mais quando comparado ao tratamento de testemunha positiva (0 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP) (Tabela 4). O Tratamento de 240 kg ha⁻¹ de AM - FBN + MBP, quando comparado ao tratamento que não houve a adição de microrganismos, teve um incremento no DC de 16,1%.

Segundo Galiando (2022), o processo de FBN é de grande importância na interação planta-microrganismo, pois resulta em efeitos benéficos na promoção do crescimento vegetal. Mumbach et al. (2017) destacam os incrementos das plantas quanto a resposta da inoculação com *Azospirillum brasilenses* culturas de trigo e de milho safrinha.

A utilização de bactérias solubilizadoras de fosfato contribuem na decomposição de materiais orgânicos, produção de metabólitos secundários de interesse comercial, bem como promovem o crescimento das plantas através da produção de sideróforos e/ou ácido indol-3-acético e tem sido amplamente utilizado para o biocontrole de patógenos fúngicos do solo (Martins et al., 2022). Essa solubilização ocorre em consequência das bactérias solubilizadoras do solo liberam ácidos orgânicos que diminuem o pH do meio e essa acidez dissolve o fósforo presente no solo, que antes estava

preso em formas indisponíveis para as plantas, tornando o fósforo dissolvido é então absorvido pelas raízes das plantas, promovendo seu crescimento e desenvolvimento da planta (Junior et al. 2022).

De acordo com Silva Júnior; Freitas; Rezende (2021) apenas o uso da inoculação de *A. brasilense* nas sementes de milho não interfere no aumento de rendimento e não altera a altura de plantas, pois ainda há a necessidade de adubação nitrogenada na cultura e a salinidade pode acarretar em diferença osmótica na planta, tendo maior quantidade de sais na linha de plantio, conforme o que ocorreu no tratamento de 240 kg ha⁻¹ de AM - FBN + MBP se tornando dois fatores

percussores na influência de altura de planta e incremento no DC (Tabela 4).

Houve resposta significativa para IAF do milho após 50 DAS (Tabela 5), isso pode ter sido em decorrências dos processos metabólicos e químicos ocasionados pelos microrganismos aplicados nos tratamentos das plantas. A aplicação de 240 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP resultou no maior IAF (245,84 cm²), significativamente superior aos demais tratamentos (Tabela 5). Já as aplicações de 0 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP (155,20 cm²) e 140 kg ha⁻¹ de AM (155,10 cm²) resultaram nos menores IAF, não diferindo estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Médias para índice de área foliar (IAF) das plantas de milho coletadas aos 50 dias após semeadura (DAS) na área experimental da Fazenda Nova Querência, localizada no município de Chapada da Natividade-TO, Safra 2021.

Tratamentos	IAF (cm ²)
T1= 0 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	155,20 b
T2= 240 kg ha ⁻¹ de AM - FBN + MBP	245,84 a
T3= 240 kg ha ⁻¹ de AM	190,56 ab
T4= 140 kg ha ⁻¹ de AM	155,10 b
T5= 140 kg ha ⁻¹ de AM + FBN	184,75 ab
T6= 140 kg ha ⁻¹ de AM + MBP	198,88 ab
T7= 140 kg ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	200,37 ab
CV (%)	18,64
Média geral	190,10

T1 = 0 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T2 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T3 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T4 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T5 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN); T6 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T7 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP). Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

As demais doses e combinações de adubos e biofertilizantes apresentaram IAF intermediários, variando entre 184,75 cm² (140 kg ha⁻¹ de AM + FBN) e 200,37 cm² (140 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP).

A produtividade da cultura do milho segunda safra (Figura 1), observa que o tratamento com 240 kg ha⁻¹ de AM - FBN + MBP houve uma capacidade de rendimento superior ($p \leq 0,05$) aos demais tratamentos, chegando a média de 43,17 sc ha⁻¹. Não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos com doses de 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP, 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN e 240 kg ha⁻¹ de AM, com médias de 36,11, 35,39 e 34,83 sc ha⁻¹, respectivamente (Figura 1). Observa-se que doses

menores de AM com associação de FBN + MBP ou FBN foram capazes de atingir médias maiores de produtividade, quando comparada a dose de 240 kg ha⁻¹ de AM sem adição de microrganismo. O que pode representar a redução de 41,6% de redução de custo com AM.

Conforme citado por Cadore et al., (2016), os efeitos da inoculação de sementes de milho podem mudar sobre o rendimento de grãos dependendo das características genéticas das plantas e das estirpes, além das condições ambientais. O tratamento que obteve menor médias foi a testemunha positiva (0 kg ha⁻¹ de AM + FBN e MBP), com 29,22 sc ha⁻¹ (Figura 1).

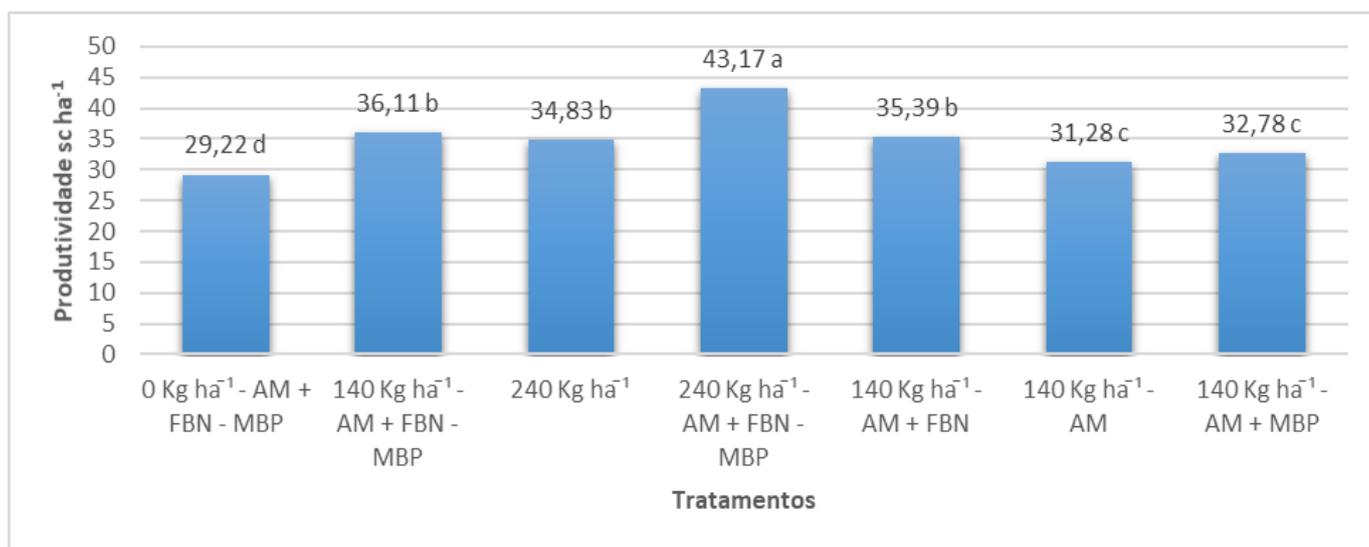


Figura 1. Produtividade (sc ha⁻¹) da cultura do milho segunda safra sob efeito de adubação mineral associada a microrganismos solubilizadores de fósforo (*Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*) e fixadores biológicos de nitrogênio (*Azospirillum brasiliense*), na área experimental da Fazenda Nova Querência, localizada no município de Chapada da Natividade - TO, Safra 2021.

T1 = 0 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T2 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T3 = 240 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T4 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM); T5 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN); T6 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP); T7 = 140 kg ha⁻¹ de Adubação Mineral (AM) + Fixadores Biológico de Nitrogênio (FBN) + Microrganismos Solubilizadores de Fósforo (MBP). Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Diversos autores relatam aumentos no rendimento de grãos e característica das plantas de milho com inoculação associada à adubação nitrogenada (Cavallet et al., 2000; Sangoi et al., 2015). De acordo com Lana et al. (2012) obtiveram acréscimos na produtividade de 7,2 a 15,4% com a eliminação da adubação nitrogenada em cobertura, apenas fazendo-se uso da adubação de base associada a inoculação por microrganismo. Já no presente estudo, ocorreu um incremento de 11,61% quando comparado os tratamentos 140 kg ha⁻¹ de AM + FBN e 140 kg ha⁻¹ de AM. Hungria et al. (2010) também relata sobre a possibilidade de redução da quantidade de N aplicada na forma de adubação mineral, quando as plantas estão associadas à inoculação por microrganismos. A inoculação de *Bacillus subtilis* associado com *Azospirillum brasiliense* em via foliar no milho pode representar um incremento ao produtor rural de mais de R\$900,00 reais, se tornando uma alternativa rentável ao produtor (Machado et al., 2020), isso demonstra o quanto importante a associação da microbiologia com as plantas a fim de

aumentar a sustentabilidade, produtividade e a lucratividade do produtor rural.

CONCLUSÃO

A aplicação de 240 kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP resultou no incremento das características de altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), índice de área foliar (IAF) e na produtividade do milho segunda safra nas condições deste trabalho.

A testemunha positiva (0 Kg ha⁻¹ de AM + FBN + MBP) apesar da adição dos microrganismos (*Azospirillum brasiliense*, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*) resultou na redução AP, DC, IAF e de produtividade do milho nesta região do Tocantins.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Augusto, L.; Achat, D.L.; Jonard, M.; Vidal, D. & Ringeval, B. (2017). Soil parent material - A major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. **Global change biology** 23(9): 3808-3824. <https://doi.org/10.1111/gcb.13691>

- Cadore R.; Costa Netto, A.P.; Reis, E.F.; Ragagnin, V.A.; Freitas, D.S.; Lima, T.P.; Rossato, M. & D'abadia, A.C.A. (2016). Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasilense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** 15(3): 399-410. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n3p398-409>
- Carmo, K.B.; Berber, G.C.M.; Bourscheidt, M.L.B.; Garcia, M.N.; Silva, A.F. & Ferreira, A. (2020). Desempenho agrônômico do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives** 13(7): 95-101. <http://dx.doi.org/10.36560/13720201163>
- Cavallet, L.E.; Pessoa, A.C.D.S.; Helmich, J.J.; Helmich, P.R. & Ost, C.F. (2000). Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 4: 129-132. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000100024>
- Chagas Junior, A.F.; Braga Junior, G.M.; Martins, A.L.L.; Chagas, L.F.B.; Miller, L. de O. & Bezerra, A.C.C. (2022). *Bacillus subtilis* Bs10 como um inoculante eficiente para a promoção do crescimento de plantas de soja. **Semina: Ciências Agrárias** 43(4): 1769-1786. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n4p1769>
- Chagas Junior, A.F.; Braga Junior, G.M.; Martins, A.L.L.; Chagas, L.F.B.; Miller, L. de O. & Bezerra, A.C.C. (2022b). *Bacillus subtilis* Bs10 as an efficient inoculant for growth promotion in soybean plants. **Semina: Ciências Agrárias** 43(4): 1769-1786. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n4p1769>
- Chagas Junior, A.F.; Souza, M.C.; Martins, A.L.L.; Lima, C.A.; Sousa, K. Ângela O. De; Santana, P.A.A.C.P.; Lopes, M.B. & Chagas, L.F.B. (2022a). Eficiência de *Trichoplus* (*Trichoderma asperellum*) como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado. **Research, Society and Development** 11(5): e16111527970-e16111527970. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27970>
- Chagas, L.F.B.; Martins, A.L.L.; Carvalho Filho, M.R. de; Miller, L. de O.; Oliveira, J.C. de & Chagas Junior, A.F. (2018). *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences** 3(2): 10-18. <https://doi.org/10.36725/agries.v3i2.430>
- Fancelli, A.L. & Dourado Neto, D. (2000). Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**. 360p.
- Galiando, F.S.; Rodrigues, W.L.; Fernandes, G.C.; Boleta, E.H.M.; Jalal, A.; Rosa, P.A.L. & Teixeira Filho, M.C.M. (2022). Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasilense* inoculation under Brazilian savannah conditions. **European Journal of Agronomy** 134: 126471. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126471>
- Gazola, D.; Zucareli, C.; Silva, R.R. & Fonseca, I.C.B. (2014). Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 18(7): 700-707. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700005>
- Hungria, M.; Campo, R.J.; Souza, E.M. & Pedrosa, F.O. (2010). Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and soil** 331: 413-425. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>
- Lana, M.D.C.; Dartora, J.; Marini, D. & Hann, J.E. (2012). Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres** 59: 399-405. <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300016>
- Lima, F. (2010). **Bacillus subtilis e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho** (Dissertação de mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Piauí. Teresina, PI, Brasil p. 54.
- Machado, R.; Calvi, V.; Paccola, E.; Schmdit Filho, E. & Gasparotto, F. (2020). Inoculação foliar de plantas de milho com *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera** 17(34). Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2080>

- Martins, A.L.L.; Melo, B.S.; Silva, C.L.S.; Fernandes, H.E.; Queiroz, A.S.B. & Chagas Júnior, A.F.C. (2022). Desempenho de mudas de alface sob doses de inoculante biológico solubilizador de fósforo. **Agri-Environmental Sciences** 8(2): 8. <https://doi.org/10.36725/agries.v8i2.7945>
- Mumbach, G.L.; Kotowski, I.E.; Schneider, F.J.A.; Mallmann, M.S.; Bonfada, E.B.; Portela, V.O.; Bonfada, E.B. & Kaiser, D.R. (2017). Resposta da inoculação com *Azospirillum* brasilense nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria** 18(2): 97-103. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51475>
- Resende, A.V.; Borghi, E.; Gontijo Neto, M.M.; Abreu, S.C.; Santos, F.C. & Coelho, A.M. (2018). Manejo de nutrientes no cultivo de milho segunda safra na região do cerrado. **Revista Plantio Direto & Tecnologia Agrícola**. Passo Fundo, RS, Brasil 28(166): 19-29.
- Sangoi, L.; Silva, L.M.M.D.; Mota, M.R.; Panison, F.; Schmitt, A.; Souza, N.M.D. & Schenatto, D.E. (2015). Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 39: 1141-1150. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140736>
- Silva Junior, J.A.M.; Freitas, J.M. de & Rezende, C.F.A. (2021). Produtividade do milho associado a inoculação com *Azospirillum* brasilense e diferentes doses de adubação nitrogenada. **Research, Society and Development** 10(2): e42810212711, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12711>
- Silva, D.C.; Costa, N.; Araújo, J.C.; Silva, A.V.; Xavier, G. F.; Ferreira, J. P.; Oliveira, L. C. & Alves, G.C. (2021). Avaliação da adubação nitrogenada associada à inoculação com bactérias *Azospirillum* brasilense na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development** 7(10): 99862-99881. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-344>
- Sousa, S.M.; Oliveira, P.; Andrade, D.L.; Pastina, M.M.; Marriel, I.E.; Lana, U.G.P. & Gomes, E.A. (2021). Tropical *Bacillus* Strains Inoculation Enhances Maize Root Surface Area, Dry Weight, Nutrient Uptake and Grain Yield. **Journal Plant Growth Regul** 40: 867-877. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9>