

EFEITO DA APLICAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* NO SULCO DE PLANTIO EM MILHO

KAUAN PASSARELI¹; MARCELO NAOYUKI KAWATI¹; PEDRO SHUICHI HIRATA¹;
ALEXANDRE DE MOURA GUIMARÃES²; SUSI MEIRE MAXIMINO LEITE²

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”,
Pompeia-SP, ka.passareli@hotmail.com

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”,
Pompeia-SP, marcelokawati@gmail.com

¹ Discente em Mecanização em Agricultura de Precisão na FATEC Pompeia “Shunji Nishimura”,
Pompeia-SP, pedroshuichi@gmail.com

² Docentes do curso Mecanização em Agricultura de Precisão, FATEC Pompeia, Pompeia-SP.

RESUMO: A utilização de produtos biológicos na agricultura vem em uma crescente, ano após ano. Nesse sentido, o uso de inoculantes com bactérias diazotróficas endofíticas, isto é, que fixam o nitrogênio atmosférico no solo ao colonizarem o interior dos tecidos vegetais, tem sido cada vez mais valorizado, em vista dos benefícios que pode trazer, como por exemplo, o aumento de produtividade. Logo, o presente trabalho teve por escopo analisar os efeitos da inoculação do agente biológico *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. O experimento foi realizado à campo, em Cândido Mota-SP. Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com 2 tratamentos com 10 parcelas cada, sendo um tratamento testemunha e outro com a aplicação de inoculante à base de *Azospirillum brasilense* de forma líquida no sulco de plantio. Foram avaliados a massa seca foliar, a massa seca de colmo e produção de grãos, que foi aferida utilizando um amostrador de sementes. A aplicação do inoculante apresentou aumento significativo na massa seca de folhas e na produtividade de grãos da cultura, com incremento de, aproximadamente, 12,5% e 15,3%, respectivamente. Contudo, não ocorreu efeito significativo no parâmetro de massa seca do colmo.

Palavras-chave: Inoculante. Fixação Biológica de Nitrogênio. Microrganismos. *Zea mays*.

INTRODUÇÃO

O milho é a segunda maior cultura de importância na produção agrícola no Brasil, possui grande relevância econômica e social em virtude das diversas formas para sua utilização, tanto para dieta de várias espécies de animais quanto para alimentação humana e até como fonte de biocombustível (COSER, 2010). A cultura do milho é superada apenas pela soja, devido a maior rentabilidade da oleaginosa e, também, em razão da estrutura molecular diferenciada do milho, isto é, uma espécie com metabolismo fotossintético C4, que otimiza as interações com a radiação solar,

estresse hídrico e condutância estomática, sendo uma excelente opção para ser cultivado na entressafra (BERGAMASCHI, 2014).

Conforme 12º Levantamento da Safra 2022/2023 de milho pela Companhia Nacional de Abastecimento, foram cultivados mais de 22 milhões de hectares, com produção de mais de 131 milhões de toneladas e uma produtividade média de 5.922 kg ha⁻¹ de grãos (CONAB, 2023).

A produção do milho (*Zea mays* L.) no Brasil pode ser feita no verão, durante o período chuvoso, sendo denominado de plantio de primeira safra com semeadura de setembro a dezembro; no inverno, como milho de segunda safra, sendo o seu plantio realizado normalmente após a colheita da soja precoce nos meses de janeiro a abril; e, até uma terceira safra, mais tardia, em que o plantio se estende de abril a junho nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Roraima (STONEX, 2022).

São várias as pragas que acometem o milho ao longo do seu ciclo, sendo importante a adoção de mais de uma técnica para o manejo eficiente dos problemas que podem comprometer seriamente a produtividade. Nesse entendimento, podem ser adotados desde a utilização de cultivares resistentes, controle cultural, controle biológico, controle químico, monitoramento com identificação das pragas, preservação de inimigos naturais, ou seja, o manejo integrado de pragas e doenças (PICANÇO, 2010).

O tratamento químico das sementes, normalmente, com inseticidas e fungicidas conferem proteção entre o período da semeadura e germinação assegurando a emergência das plantas com menor índice de perdas futuras proporcionando um enraizamento mais vigoroso e estabelecimento da lavoura de milho com maior densidade de plantas por área. Esse manejo controla a infestação das principais pragas e doenças na fase inicial da lavoura, tais como, a larva-alfinete, os corós e o percevejo castanho-da-raiz (SILVA, 2020).

Em razão da procura por alimentos livres de resíduos químicos pelo consumidor mais esclarecido e consciente da necessidade da sustentabilidade ambiental, os produtos biológicos estão sendo adotados em grande escala pelos agricultores no controle de pragas e doenças, visando atender a demanda por esse mercado mais exigente. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) os bio defensivos podem ser integrados com produtos químicos em uma estratégia de Manejo Integrado de Pragas e de Manejo Integrado de Doenças (BORGES, 2011).

O tratamento de sementes combinando defensivos químicos sintéticos com organismos biológicos controla ou repele insetos, pragas ou patógenos, conferindo maior potencial produtivo. Esta combinação de insumos de diferentes origens também tem importante papel na prevenção de tolerância e a resistência dos mecanismos de ação dos defensivos químicos, prolongando a vida útil de uma molécula e se apresentando como uma solução inovadora para uma agricultura mais sustentável (CROPLIFE, 2021).

A utilização da bactéria *Azospirillum brasilense*, como parte destas soluções, pode ser feita através da inoculação de sementes por meio de aplicação no sulco de semeadura. Esse tipo de aplicação é a mais recomendada devido ao pequeno tamanho do microrganismo que é de 2 a 4 micrômetros. Assim, quanto menor a distância entre a bactéria e a semente menos esforço o microrganismo faz para alcançar as plantas de milho e dar início ao processo de associação (MORAIS, 2016).

Há vários relatos dos possíveis benefícios da associação deste tipo de bactérias às plantas, como melhor resposta em crescimento, produtividade e até mesmo maior resistência à estresses de diferentes origens (BODDEY; DÖBEREINER, 1995; OLIVEIRA, 2020).

Sendo assim, devido a importância do assunto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de *Azospirillum brasilense*, a campo, no sulco de plantio, sobre o desenvolvimento de plantas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em uma propriedade rural, localizada em Cândido Mota - SP, Rodovia: Natal Passareli Km 13, em uma área equivalente a 4 hectares, utilizando a variedade do milho Morgan 607 PWU, um híbrido precoce, pertencente a empresa Morgan.

O tratamento convencional das sementes foi realizado com os inseticidas Fortenza Duo (dose de 50 mL ha⁻¹) e Poncho (dose de 95 mL ha⁻¹). O experimento foi realizado em faixa no campo, acompanhando as linhas de plantio, sendo em uma das faixas aplicado o produto Masterfix Gramíneas, de forma líquida, da empresa Stoller, que contém a bactéria *Azospirillum brasiliense*, cepas Ab-V5 e Ab-V6, na dose de 620 mL ha⁻¹ e, na outra faixa, sem a aplicação do inoculante. A aplicação do inoculante se

deu via jato sólido no sulco de plantio, utilizando-se um aplicador da marca Agral apoiado na semeadora, com capacidade de 600 L e munido de pontas do tipo jato sólido com vazão de $0,39 \text{ L min}^{-1}$, e com taxa de aplicação de 100 L ha^{-1} . A análise de solo da área utilizada para o experimento foi realizada em 3 pontos de amostragem em profundidade de 0 a 20 cm, sendo os resultados observados na Tabela 1.

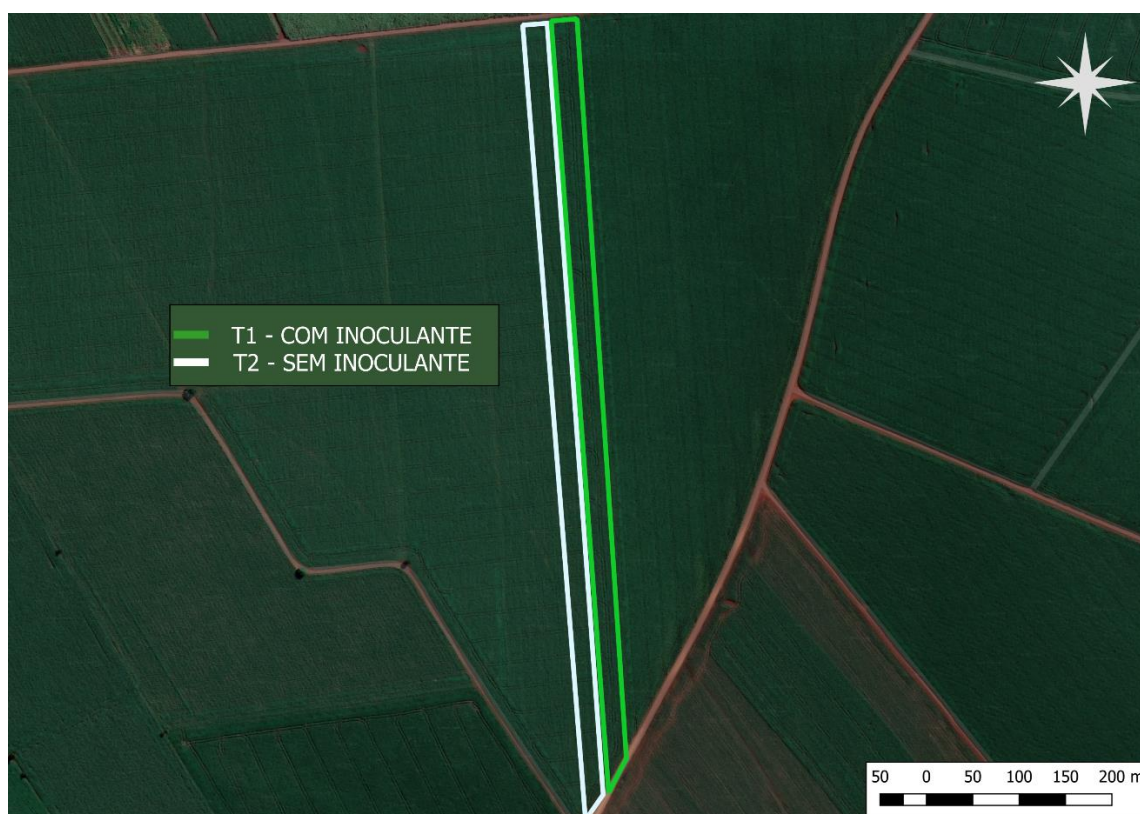
Tabela 1: Análise de solo do local do experimento.

Nº de Amostras Interessado	----- pH -----		g/dm ³	- mg/dm ³ -			----- cmolc/dm ³ -----						
	CaCl ₂	H ₂ O		P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V%
1	5.3	5.8	1.8	17.7	22.6	0.11	4.4	0.97	0.0	2.29	5.48	7.77	71
2	5.4	5.8	1.5	11.0	23.2	0.08	1.88	0.5	0.0	2.95	2.46	5.41	45
3	5.3	5.8	1.4	19.6	32.0	0.1	4.35	1.49	0.0	2.57	5.94	8.51	70

Fonte: Safrar Análises Agrícolas, 2023.

O plantio foi realizado utilizando 700 kg de adubo de formulação 10-14-14 da empresa Fertipar, com 2,8 sementes por metro linear a um espaçamento de 0,45m entre linhas em uma profundidade de 4 centímetros, resultando em um stand de 62.222 sementes por hectare. De acordo com a Figura 1, é possível visualizar a área utilizada para o estudo.

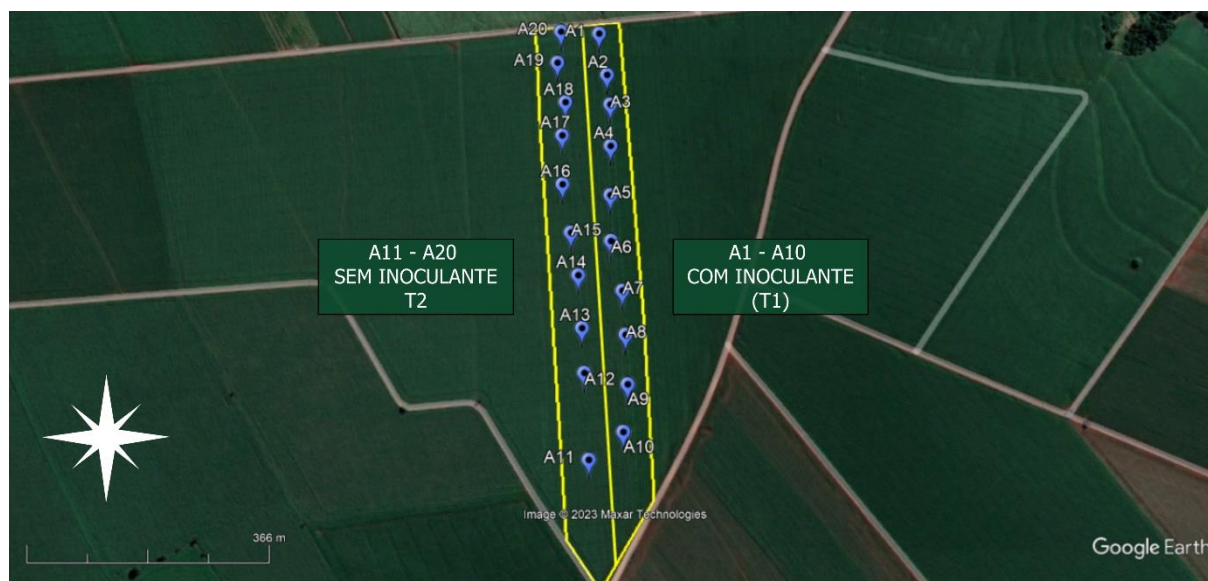
Figura 1. Localização dos tratamentos.



Fonte: Autores

A seleção das plantas para amostrar os tratamentos foi realizada por meio do delineamento inteiramente casualizado, determinando-se a coleta de 3 plantas e 28 espigas a cada 5 metros em 10 pontos distintos da faixa, em cada tratamento. Foi feita a disposição das parcelas, onde os pontos A1 - A10 houve a inoculação das sementes e A11 - A20 não houve aplicação do inoculante, conforme a Figura 2.

Figura 2: Localização das amostras.



Fonte: Autores

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilks, teste de homogeneidade de variâncias de Levene e ANOVA à 5% de significância para avaliação das variáveis de massa seca foliar, massa seca do colmo e as sementes. Utilizando-se o software estatístico Jamovi versão 2.3.28 (THE JAMOVIPROJECT, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser observado na Tabela 2, a aplicação dos testes de homogeneidade e normalidade dos dados mostrou que eles apresentam distribuição normal e apresentam igualdade das variâncias, permitindo o uso de testes paramétricos.

Tabela 2 - Resultado da aplicação dos testes de Normalidade de Shapiro Wilk e Homogeneidade dos dados de Levene (THE JAMOVIPROJECT, 2023).

Variáveis	p-valor do Teste de Shapiro Wilk	p- valor do Teste de Levene
MSC (g)	0,077	0,757
MSF (g)	0,979	0,682
Grãos (kg)	0,944	0,010

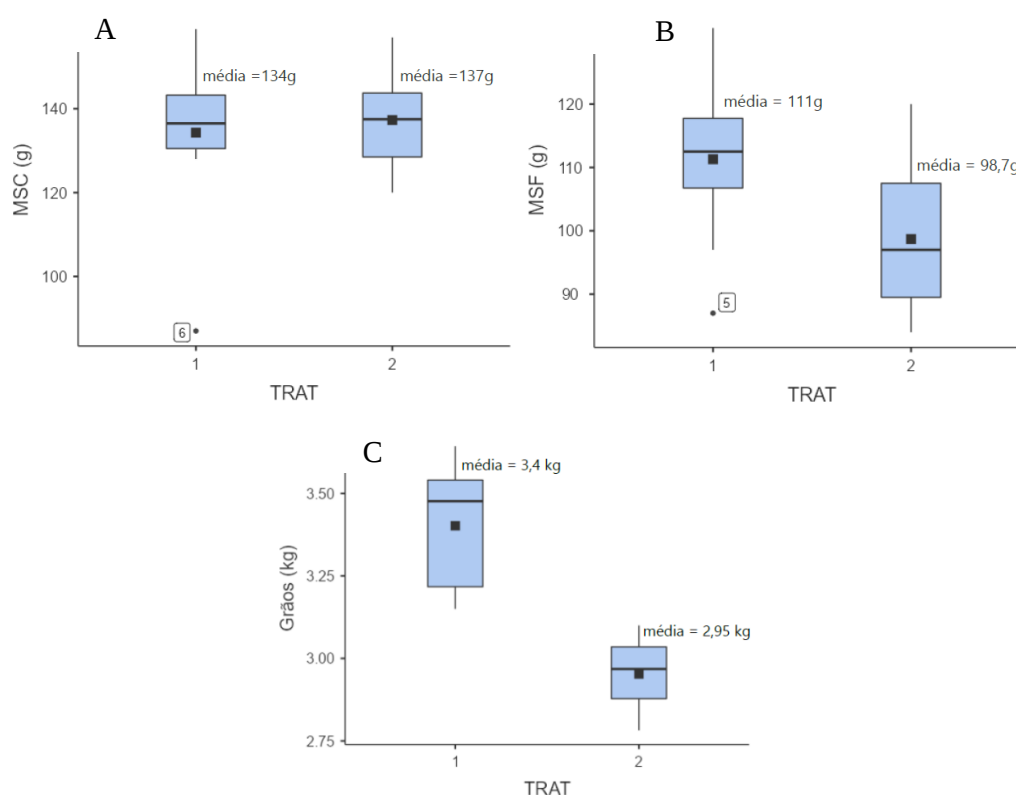
Nota: MSC: massa seca de colmo; MSF: massa seca de folhas

Como pode ser observado no Figura 3-B (MSF) e 3-C (Grãos), a adição do inoculante proporcionou um acréscimo na ordem de 12,5% na MSF e de 15,3% na produtividade de sementes. Resultados positivos similares a estes foram obtidos por Cavallet (2000), com a inoculação do produto comercial Graminante, à base de *Azospirillum spp*, que levou a aumento significativo na produtividade de grãos de milho, de 5211 kg ha⁻¹ para 6067 kg ha⁻¹, ou seja, aumento médio de 17%.

O mesmo não pode ser observado para a variável MSC (Figura 3-A). Segundo Cunha et al. (2014), o maior diâmetro do colmo pode estar relacionado a vários fatores e pode trazer alguns benefícios, como, maior resistência física promovendo melhor sustentação da planta em condições adversas, como quando a lavoura é submetida a um vento de maior intensidade, evitando ou reduzindo a taxa de tombamento, maior capacidade de acúmulo de carboidrato que poderia favorecer a planta tanto no seu desenvolvimento geral quanto no melhor enchimento dos grãos, por exemplo (MAGALHÃES; DURÃES, 2006). Apesar desta importante função do colmo e sua relação com o enchimento dos grãos, neste experimento não foi possível observar uma relação entre os dois fatores.

Os dados de produção obtidos no experimento avaliando o efeito da aplicação ou não de inoculante à base de *Azospirillum brasilense* em milho está representado abaixo na Figura 3.

Figura 3 – Gráficos Boxplot e tabela representativa dos dados biométricos avaliados (MSC, MSF e Grãos) .



Tratamento	MSF (g)	MSC (g)	Sementes (Kg)
T1	111,30 a	134,10 a	3,40 a
T2	98,70 b	137,20 a	2,95 b
CV (%)	11,81	6,24	4,71

Fonte: Autores

Nota: MSC: massa seca de colmo; MSF: massa seca de folhas. CV de MSC = 6,24% e *p*-valor de 0,684; CV% da MSF = 11,81% e *p*-valor de 0,036; CV% dos Grãos = 4,71% e *p*-valor <0,001.

Existem várias evidências indicando que a inoculação de sementes de milho com *Azospirillum brasilense* pode resultar no aumento da taxa de acúmulo de matéria seca, especialmente quando se utilizam altas concentrações de nitrogênio. Isso aparenta estar correlacionado com o aumento da atividade das enzimas fotossintéticas e da assimilação de nitrogênio (DIDONET et al., 1996). A otimização dessa possível simbiose entre *Azospirillum spp* e milho poderá resultar em incrementos de produtividade e em diminuição dos custos de produção, principalmente da aquisição de adubos nitrogenados (OKON; VANDERLEYDEN, 1997).

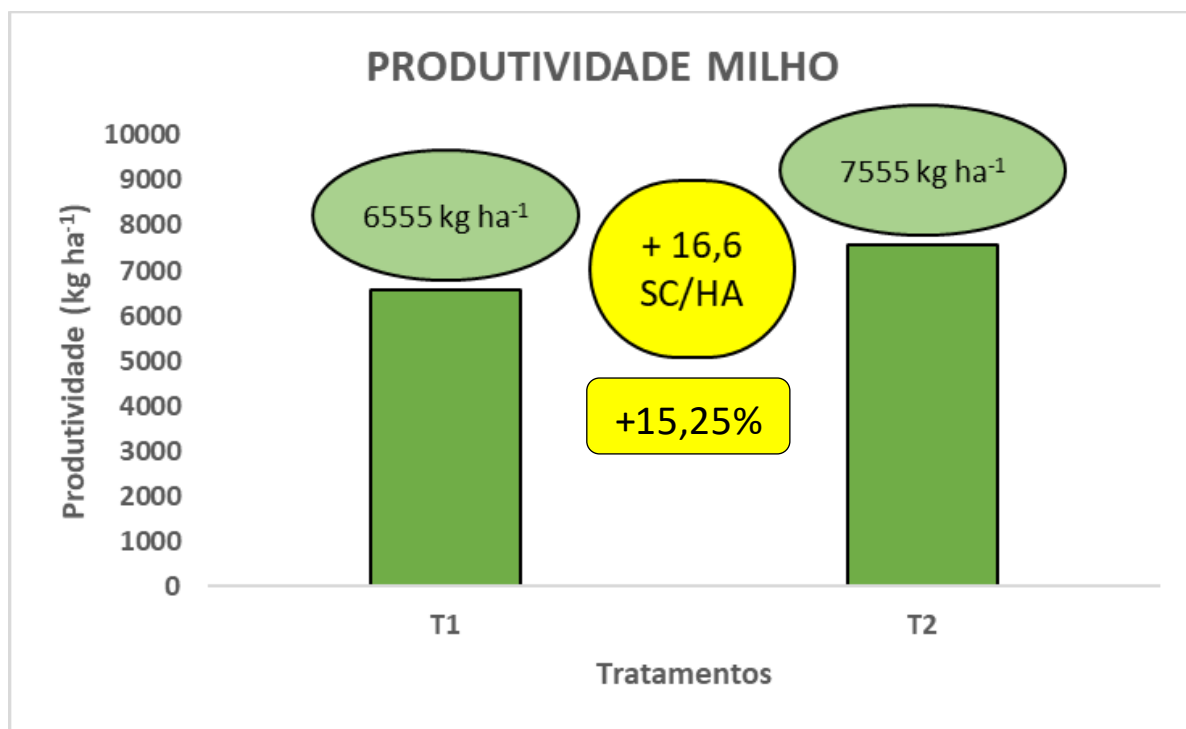
Embora não tenha sido possível verificar esse efeito na massa seca de colmo, o mesmo não ocorreu na produção de folhas, o que pode justificar a maior produtividade verificada nas áreas em que se deu a inoculação das sementes (Figura 3-B). O rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, daí a importância de se obter essa resposta das plantas o mais cedo possível (MANFRON et al., 2003).

Nos últimos anos foram descobertos os benefícios das bactérias diazotróficas microaeróbias do gênero *Azospirillum*, fixadoras de nitrogênio atmosférico (BODDEY; DÖBEREINER, 1995). Estas bactérias quando associadas à rizosfera, ou seja, a região do solo em que as raízes das plantas crescem e absorvem água e nutrientes, podem contribuir com a nutrição nitrogenada necessária. Esses microrganismos são considerados como biostimulantes e são capazes de atuar diretamente no metabolismo das plantas, melhorar processos fisiológicos, contribuir para a absorção de nutrientes, induzir resistência aos estresses bióticos e abióticos e aumentar a produtividade. Podem promover, também, outros benefícios de forma indireta, como melhorar a estrutura do solo, reduzindo sua compactação, garantindo mais carbono no solo, possibilitando o aumento da produtividade e a diminuição dos custos de produção, com a redução na aquisição de adubos nitrogenados que, normalmente, são bastante utilizados na cultura do milho para o seu pleno desenvolvimento (OLIVEIRA, 2020).

Pesquisas da EMBRAPA corroboram que a inoculação das sementes de milho na semeadura, com as cepas ou estirpes Ab-V5 e Ab-V6 do *Azospirillum brasilense*, promove uma redução significativa na emissão dos gases de efeito estufa. Exemplificando, em uma dose de 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura haverá uma redução de 25% deste macronutriente, ou seja, 236 kg ha⁻¹ de equivalentes de CO₂. Tomando como exemplo o mês de julho de 2022 e levando em conta o preço da ureia no mercado nacional, a economia seria na ordem de R\$ 260,00 por hectare (HUNGRIA, 2022).

Outro aspecto fundamental a ser ressaltado é que o aumento da produtividade é exponencial, ou seja, quanto maior a área de cultivo trabalhada, maior será o lucro, como é observado na Figura 4.

Figura 4 – Comparativo da produtividade do milho com o tratamento testemunha e o tratamento das sementes.



Fonte: Autores

A análise do custo e benefício de produtos biológicos é essencial para uma agricultura mais eficiente, pois o que determina a sua sustentabilidade é o retorno financeiro para o produtor. Outro aspecto fundamental a ser ressaltado é que o aumento da produtividade é exponencial, ou seja, quanto maior a área de cultivo trabalhada, maior será seu lucro. Além disso, a utilização de métodos biológicos contribui para a redução dos custos associados a insumos químicos, conforme apresentado no trabalho. Assim, é crucial avaliar não apenas os investimentos iniciais, mas também o potencial de aumento da área trabalhada, que desempenha um papel significativo no incremento do retorno financeiro em pouco tempo.

Portanto, embora mais estudos devam ser conduzidos para maior compreensão das relações entre os microrganismos e as culturas, a adoção de

bioinsumos nas lavouras tem se mostrado uma prática essencial para a agricultura sustentável. Eles não apenas melhoram a saúde do solo e aumentam a produtividade das colheitas, mas também reduzem a dependência de fertilizantes químicos prejudiciais. A transição para bioinsumos é um passo importante para alcançar a segurança alimentar global, ao mesmo tempo em que protege nosso meio ambiente para as gerações futuras. Sendo assim, é imperativo que os agricultores, os formuladores de políticas públicas e a indústria agrícola como um todo reconheçam e apoiem o valor e o potencial dos bioinsumos.

CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados obtidos no presente experimento, conclui-se que a inoculação da bactéria *Azospirillum brasilense* no sulco de plantio promoveu efeitos significativos na cultura do milho no tocante à produtividade na ordem do aumento em 15,25%. Todavia, quanto a característica de massa seca de colmo não houve diferença significativa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Família Passareli pela disponibilidade de campo para a realização das atividades práticas e ao Laboratório de Solos da Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia por fornecer equipamentos que auxiliaram nossa pesquisa.

REFERÊNCIAS

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. O milho e o Clima. 1ª ed. Porto Alegre – RS: Emater/RS-Ascar, 2014.

BODDEY, R. M.; DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals; Recent progress and perspectives for the future. **Fertilizer Research Oxford**, v.42, p.241-250, 1995.

BORGES S.Z. **Benefícios do controle biológico de justiça**. Disponível em:<
<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2378422/prosa-rural---beneficios-do-controle-biologico-de->

pragas#:~:text=O%20controle%20biol%C3%B3gico%20de%20pragas,busca%20por%20uma%20agricultura%20sustent%C3%A1vel.>. Acesso em: 23 de ago. de 2023.

CAVALLET, Luiz Ermindo et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, p. 129-132, 2000.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento, setembro/2023. Brasília: CONAB, p. 58-73, 2023.

COSER, E. Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (*Zea mays* L.) crioulo e convencional no município. 2010.

CROPLIFE. **Cresce a adoção de produtos biológicos pelos agricultores brasileiros**. Disponível em: < <https://croplifebrasil.org/noticias/cresce-a-adocao-de-produtos-biologicos-pelos-agricultores-brasileiros/>>. Acesso em: 15 de ago. de 2023.

CUNHA, FERNANDO NOBRE et al. Efeito da *Azospirillum* brasilense na produtividade de milho no sudoeste goiano. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 261-272, 2014.

DIDONET, Agostinho Dirceu; RODRIGUES, Osmar; KENNER, Márcia Helena. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum* brasilense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 645-651, 1996.

HUNGRIA, M. **Bioinsumo pode reduzir em 25% o nitrogênio usado na adubação de cobertura do milho**. 2022. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/76531079/bioinsumo-pode-reduzir-em-25-o-nitrogenio-usado-na-adubacao-de-cobertura-do-milho#:~:text=Inocula%C3%A7%C3%A3o%20com%20Azospirillum%20brasilense%20aumenta,de%20agricultura%20de%20baixo%20carbono.](https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/76531079/bioinsumo-pode-reduzir-em-25-o-nitrogenio-usado-na-adubacao-de-cobertura-do-milho#:~:text=Inocula%C3%A7%C3%A3o%20com%20Azospirillum%20brasilense%20aumenta,de%20agricultura%20de%20baixo%20carbono.>)>. Acesso em: 20 de set. de 2023.

MAGALHAES, Paulo C.; DURÃES, Frederico OM. Fisiologia da produção de milho. 2006.

MANFRON, P.A. et al. Modelo do índice de área foliar da cultura do milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, p. 333-342, 2003.

MORAIS, T. P. Inoculação do milho com *azospirillum brasilense* no sulco de semeadura. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 47, n. 2, p. 290-298, 2016.

OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants, *Applied and Environmental Microbiology*, New York, v.63, n.7, p.366-370,1997.

OLIVEIRA, N. T. de. **Mecanismos de ação de um bioestimulante à base de substância húmicas sobre desenvolvimento do milho**. Doutorado - Programa de

Pós-Graduação em Bioengenharia. Universidade Federal de São João Del-Rei, 2020.

OLIVEIRA, N. T. de. Mecanismos de ação de um bioestimulante à base de substância húmicas sobre desenvolvimento do milho. Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia. Universidade Federal de São João Del-Rei, 2020.

PICANÇO, M.C. Manejo Integrado de Pragas. 2010. Disponível em: <https://www.ica.ufmg.br/wp-content/uploads/2017/06/apostila_entomologia_2010.pdf>. Acesso em: 19 de ago. de 2023.

SILVA, A. G.; SILVA, P. R. F.; SILVA, J. A. G.; SILVA, J. F.; MACHADO, J. C. Tratamento de sementes com bioestimulante ao milho submetido a diferentes variabilidades na distribuição espacial das plantas. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2020.

SILVEIRA, D. C. et al. Caracterização agromorfológica de variedades de milho crioulo (*Zea mays* L.) na região noroeste do Rio Grande do Sul. Rev. Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Sul, v. 1, p. 01-11, n. 1, 2015.

STONEX. **Brasil produz milho em três safras por ano**. Disponível em: <<https://mercadosagricolas.com.br/inteligencia/brasil-produz-milho-em-tres-safras-por-ano/>>. Disponível em: 18 de ago. de 2023.

The jamoviproject (2023). jamovi. (Version 2.3.28) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>