



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
PIAUÍ CAMPUS PAULISTANA
CURSO BACHARELADO EM ZOOTECNIA**

ALINE BEATRIZ RODRIGUES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DESEMPENHO PRODUTIVO DO
MILHO (*Zea mays L.*) INOCULADO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS
DE CRESCIMENTO VEGETAL**

**PAULISTANA
2023**

ALINE BEATRIZ RODRIGUES

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO
(*Zea mays L.*) INOCULADO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO
VEGETAL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Bacharelado
em Zootecnia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Paulistana.

Orientadora: Prof.^a Dra. Valéria Borges da
Silva

PAULISTANA
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Rodrigues, Aline Beatriz

R685c Caracterização morfológica e desempenho produtivo do milho (*Zea mays* L.) inoculado com bactérias promotoras de crescimento vegetal / Aline Beatriz Rodrigues. - 2023.
41 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Paulistana, 2023.

Orientadora : Profa Dra. Valéria Borges da Silva.

1. *Azospirillum*. 2. *Bacillus*. 3. inoculação. 4. nitrogênio; sustentabilidade.
I. Título.

CDD - 636.08

Elaborado por Edna Ferreira de Oliveira CRB 3/1621

ALINE BEATRIZ RODRIGUES

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO
(*Zea mays L.*) INOCULADO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO
VEGETAL

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Bacharelado
em Zootecnia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus Paulistana.

Aprovada em: 07/06/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof.^aDra.Valéria Borges da Silva (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof.Dr.Rafael Nogueira Furtado
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof.Dr.Ovidio Paulo Rodrigues Silva
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

A minha avó, Maria do Socorro,
por me oferecer todo o amor,
cuidado, dedicação e incentivo
durante essa jornada, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e por ser minha força durante esse longo e árduo caminho.

A minha avó, Maria do Socorro, pelo apoio, amor e carinho em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Ana Caroliny e Luis Felipe, pelo amor, amizade e suporte sempre que precisei.

Ao Instituto Federal do Piauí, pela oportunidade de graduação e a todos os professores que, de alguma forma, contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A minha querida orientadora, Valéria Borges, pelos ensinamentos inestimáveis, por acreditar em mim, pelo estímulo a sempre adquirir mais conhecimentos e por fazer de tudo para que esse trabalho fosse finalizado com êxito.

Aos técnicos, Deiverson e Leila, por estarem sempre dispostos a ajudar durante o experimento e pelos ensinamentos valiosos.

A Embrapa Semiárido pela cessão das bactérias da coleção do Laboratório de microbiologia do solo (LMS) para serem avaliadas nesse estudo.

Ao IF Sertão do Pernambuco pela disponibilidade em auxiliar nas análises nutricionais.

Ao meu namorado, Jilson Santiago, pelo companheirismo, incentivo, compreensão e paciência durante esse ciclo.

Aos meus amigos e colegas de graduação com quem pude compartilhar muitas experiências e que tornaram meus dias na universidade melhores. Em especial, a Luisa, André, Fernando e Francilene, por tanto terem me auxiliado durante as coletas.

A minha prima e amiga, Andréia Rodrigues, pelo apoio em todos os momentos da minha vida, sobretudo nesse.

E a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, me apoiaram na realização desse sonho. Muito obrigada!

RESUMO

Frente aos altos custos com uso de fertilizantes nitrogenados e a crescente preocupação com as questões ambientais, a inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) tem sido uma alternativa promissora para redução na utilização de nitrogênio mineral. Assim, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito do uso de BPCV dos gêneros *Bacillus* e *Azospirillum* inoculadas via sementes em associação com doses de nitrogênio sobre os parâmetros de crescimento e de produção da cultura do milho. O experimento foi conduzido entre os meses de dezembro de 2022 a abril de 2023, no município de Paulistana, PI. Foram utilizados cinco tratamentos: ESA 674 (inoculação com a bactéria ESA 674 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N); M163 (inoculação com a bactéria M163 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N); ABV5 (inoculação com a bactéria de referência do gênero *Azospirillum*, estirpe Ab-v5 + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N); TC (tratamento controle, sem nenhum tipo de inoculação e sem suplementação com N) e TN (testemunha nitrogenada, com base em uma adubação de 90 kg ha⁻¹ de N e sem nenhum tipo de inoculação). Foram avaliadas as variáveis: massa da parte aérea seca (MPAS), massa da raiz seca (MRS), altura de planta (AP), teor de N nas folhas, peso e comprimento das espigas de milho verde, massa de 100 grãos e produtividade. As plantas inoculadas apresentaram parâmetros de crescimento: altura, teor de N na folha, massa de 100 grãos e para produtividade, semelhantes ao controle nitrogenado e a estirpe referência, e superiores ao TC. As estirpes testadas neste estudo apresentam potencial para inoculação em plantas de milho, proporcionando economia de fertilizantes nitrogenados sem prejuízos ao crescimento e produtividade da cultura.

Palavras-chave: *Azospirillum*; *Bacillus*; inoculação; nitrogênio; sustentabilidade.

ABSTRACT

Faced with the high costs of using nitrogen fertilizers and the growing concern about environmental issues, the inoculation of plant growth promoting bacteria (PGPB) has been a promising alternative for reducing the use of mineral nitrogen. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of using PGPB of the genera *Bacillus* and *Azospirillum* inoculated via seeds in association with nitrogen doses on the growth and production parameters of the corn crop. The experiment was conducted between the months of December 2022 to April 2023, in the city of Paulistana, PI. Five treatments were used: ESA 674 (inoculation with the bacterium ESA 674 of the genus *Bacillus* + nitrogen fertilization based on 10kg ha⁻¹ of N); M163 (inoculation with the bacterium M163 of the genus *Bacillus* + nitrogen fertilization based on 10kg ha⁻¹ of N); ABV5 (inoculation with the reference bacterium of the genus *Azospirillum*, strain Ab-v5 + nitrogen fertilization based on 10kg ha⁻¹ of N); TC (control treatment, without any type of inoculation and without N supplementation) and TN (nitrogen control, based on a fertilization of 90 kg ha⁻¹ of N and without any type of inoculation). The following variables were evaluated: dry shoot mass (MPAS), dry root mass (MRS), plant height (AP), N content in leaves, weight and length of green corn ears, mass of 100 grains and yield. The inoculated plants presented growth parameters: height, leaf N content, 100-grain mass and productivity, similar to the nitrogen control and the reference strain, and superior to the TC. The strains tested in this study have potential for inoculation in corn plants, providing savings in nitrogen fertilizers without harming the growth and productivity of the crop.

Keywords: *Azospirillum*; *Bacillus*; inoculation; nitrogen; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Adubação de implantação;	24
Figura 2 - Primeira adubação nitrogenada nas plantas inoculadas;	24
Figura 3 - Segunda adubação nitrogenada nas plantas inoculadas.	24
Figura 4 - Semeadura da cultura;	25
Figura 5- Desbaste das plantas de milho (15 DAE);.....	25
Figura 6 - Área do experimento após o desbaste	25
Figura 7 - Retirada de 3 plantas por parcela para avaliação da MPAS e MRS;.....	26
Figura 8 - Raízes secas do milho aos 60 DAE;	26
Figura 9 - Avaliação da altura de plantas de milho aos 60 DAE	26
Figura 10 - Espigas do milho verde aos 75 DAE	27
Figura 11 - Espigas de milho aos 110 DAE	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo da área do experimento, Paulistana – PI, 202222

Tabela 2 - Valores médios verificados para altura de plantas (AP) aos 60 DAE; massa seca da parte aérea (MPAS); massa seca da raiz (MRS) e teor de nitrogênio nas folhas.28

Tabela 3 - Valores médios observados para as variáveis peso de espiga, comprimento de espiga, massa de cem grãos e produtividade da cultura do milho. 30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AIA - Ácido indolácetico

AP - Altura de planta

ATP - Adenosina trifosfato

BPCV - Bactérias promotoras de crescimento vegetal

Ca - Cálcio

CMISA - Coleção de cultura de micro-organismos de interesse agrícola da Embrapa Semiárido

DAE - Dias após emergência

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA - Estados Unidos

FBN - Fixação Biológica de Nitrogênio

Fe²⁺ - Íon ferroso

Fe³⁺ - Íon férrico

IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

LMS - Laboratório de microbiologia do solo

MPAS - Massa da parte aérea seca

MRS - Massa da raiz seca

N - Nitrogênio

N² - Gás Nitrogênio

NH³ - Amônia

NO³⁻ - Nitrato

P - Fósforo

PB - Proteína Bruta

Rpm - Rotações por minuto

YM - Yeast Malt Agar

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1. A cultura do milho.....	15
2.2. Bactérias promotoras de crescimento vegetal	17
2.3. Mecanismos de promoção de crescimento	19
3. METODOLOGIA.....	21
3.1. Local.....	21
3.2. Tratamentos	22
3.3. Preparo da área	22
3.4. Instalação do experimento	24
3.5. Variáveis analisadas	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÃO.....	31
REFERENCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é uma planta pertencente à família das gramíneas, originado na América Latina, foi inicialmente cultivado pelos povos nativos da região e, posteriormente, melhorado pelas sociedades agrárias (ALCANTARA, 2019). Atualmente representa grande valor socioeconômico em todo o mundo, sendo utilizado na alimentação humana e, também, como importante fonte energética para alimentação animal. Estima-se que cerca de 70% do milho cultivado no mundo é destinado a alimentação dos animais de produção, podendo variar entre 60% a 80% no Brasil (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021). Os maiores produtores de milho são Estados Unidos (EUA), China e Brasil (CONAB, 2020). O Brasil além de ser o terceiro maior produtor é, também, o segundo maior exportador da cultura (COELHO, 2021).

A diversificação do uso do milho tem impulsionando o crescimento de sua produção, e é possível perceber uma tendência de expansão acompanhando o crescimento da produção de frangos e suínos (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021). Essa tendência pode ser explicada por o milho compor cerca de 60% das rações desses animais. Entre os anos de 2015 e 2020 houve um crescimento de 16,3% na produção de rações no Brasil e o milho acompanhou o aumento, apresentando uma taxa de expansão de 14,3% na produção (NIDERA, 2021).

No Nordeste brasileiro o milho apresenta grande importância econômica, principalmente para pequenos e médios produtores, a produção agrícola na região é caracterizada por estar concentrada nas propriedades com base na agricultura familiar (AQUINO; ALVES; VIDAL, 2020). Dessa forma, a produção na região semiárida é caracterizada pela exploração em curtos períodos de chuva, sem o uso de muitas tecnologias e, ainda, pela baixa produtividade (VALENTE JÚNIOR; LIMA, 2018).

No Brasil durante a safra 2021/2022, a produtividade média da cultura foi de 5.248kg ha⁻¹ (CONAB, 2022a), enquanto no Nordeste a produtividade, no mesmo período, foi de 3.384kg ha⁻¹ (CONAB, 2022b). A baixa produtividade da cultura pode ser explicada por sua alta exigência nutricional, variando de 60 a 100kg ha⁻¹ de nitrogênio para que a cultura expresse o seu real potencial produtivo (Coelho 2006).

Para alcançar rendimentos máximos no cultivo, no Brasil, culturalmente se faz a aplicação frequente de fertilizantes sintéticos, principalmente os nitrogenados. A

aplicação de fertilizantes químicos impulsiona o aumento da área plantada e da produção agrícola mundial, porém traz dois sérios problemas, o aumento no custo de produção e os riscos ambientais. Considerado o quarto maior consumidor de adubos químicos, o Brasil consome cerca de 83% dos seus fertilizantes importados, o que onera a produção agrícola (ZONTA; STAFANATO; PEREIRA, 2021).

Além da elevação dos custos de produção, a utilização excessiva dos fertilizantes minerais gera preocupações, como o risco de uma escassez futura de recursos não renováveis, como o petróleo e o carvão, já que alguns nutrientes utilizados nos adubos são extraídos desses recursos. Além disso, os riscos de contaminações do solo e da água, salinização dos solos e eutrofização têm levado a recorrentes debates sobre a sustentabilidade dos modelos atuais de produção (CIRINO *et al.*, 2021; KLEIN; AGNE, 2012).

Dessa forma verifica-se a necessidade da busca por alternativas que sejam ecologicamente sustentáveis, menos custosas e que possam atingir níveis satisfatórios de produtividade para a cultura (HUNGRIA *et al.*, 2010; REPKE *et al.*, 2013).

Estratégias como a utilização dos bioinsumos têm mostrado potencial na agropecuária, reduzindo a aplicação de fertilizantes químicos, garantindo boa produtividade e conservação dos recursos naturais. (COSTA *et al.*, 2014). Em especial, tem crescido as pesquisas à respeito de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV). A inoculação de BPCV pode proporcionar resultados positivos no crescimento vegetal, possibilitando a substituição parcial ou total da fertilização nitrogenada, se tornando uma forma sustentável de aumentar a produtividade de muitas culturas (DARTORA *et al.*, 2013; GÍRIO *et al.*, 2015; MUNBACH *et al.*, 2017; SOUSA; NASCENTE; FILIPPI, 2019; VOGEL *et al.*, 2013).

Atualmente as BPCV são mais comumente conhecidas pelo seu sucesso nas plantas da família *Fabacea* (leguminosas), são conhecidas como rizóbios, sendo o gênero *Bradyrhizobium* um dos mais utilizados, a principal função das bactérias nesse caso é a captação do N atmosférico e sua transformação em N disponível para absorção pelas plantas (FRANCHI, 2020). No entanto, o sucesso da interação plantas x bactérias tem-se demonstrado de grande eficiência no desempenho de outros gêneros bacterianos também em gramíneas. As bactérias do gênero *Azospirillum*, são reconhecidas na eficiência agrônômica em gramíneas. As duas principais estirpes utilizadas atualmente são a *A. brasilense* Ab-V5 e Ab-V6

(HUNGRIA, 2016). A inoculação com *Azospirillum* no milho permite a redução na dose de adubo nitrogenado aplicada, sem efeitos negativos sobre a produção da cultura (CUNHA *et al.*, 2014). Além desse, outro grupo de bactérias que vem tendo sua eficiência na cultura do milho avaliada é o gênero *Bacillus* (BOMFIM, 2020).

A fixação biológica do nitrogênio atmosférico (FBN) é uma das principais qualidades das BCPV (JANTALIA *et al.*, 2021), porém estudos relevam que existem outros mecanismos que são utilizados por esses microrganismos para a promoção de crescimento: produção de fitormônios reguladores do crescimento vegetal (FURLAN *et al.*, 2013); solubilização de compostos minerais como fósforo (SILVA, 2022); produção de sideróforos (BORTOLOTTI, 2014). A partir disso, as plantas podem obter resultados positivos de crescimento radicular, auxiliando na absorção de água e nutrientes e como consequência, aumento de produtividade (DOMINGUES NETO *et al.*, 2013; GUIMARÃES *et al.*, 2013).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito do uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal inoculadas via sementes em associação com doses de nitrogênio sobre o crescimento e produtividade do milho cultivado no semiárido Nordeste.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é originário da América e pertence a família *Poaceae* (ALVARENGA, 2022). Cultivado em várias partes do mundo, é uma cultura de grande adaptabilidade e que permite o seu cultivo em climas tropicais, subtropicais e temperados, o que facilita sua expansão (BARROS; CALADO, 2014). Essa característica contribui para sua liderança no ranking da produção mundial de cereais, correspondendo a 40% do volume de grãos produzido (AGRO, 2022).

Por ser uma cultura altamente versátil, pode ser utilizada in-natura ou como matéria-prima na fabricação de subprodutos nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, e de combustível (SAQUETTO, 2021). O alto teor nutricional dos grãos, aproximadamente 72% de amido, 7 a 14% de proteínas e 9% de fibra, torna-os bastante consumidos na alimentação humana e animal (SANTOS *et al.*, 2018). Além disso, há uma promissora utilização do grão como matéria-prima na produção de energia. Com o aumento da produção da cultura a fabricação de etanol de milho no Brasil tem tido uma ágil expansão (NASTARI, 2018).

Apesar de sua utilização em outros setores, a maior parte da produção dessa *Poacea*, cerca de 70%, é destinado à alimentação animal. Nesse caso, a planta pode ser associada à produção de silagem, devido ao seu teor de carboidratos solúveis que favorecerem a fermentação láctica ou para a produção de grão (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021; STELLA *et al.*, 2016).

O Brasil se destaca pela elevada produção de carnes, sendo o segundo maior exportador de carne bovina (GUARALDO, 2021), o maior exportador de carne de frango e o quarto maior produtor mundial de carne suína (ABPA, 2022). O milho é a principal fonte energética que compõe as rações desses animais, com isso, cerca de 60 a 80% do cereal produzido no país é destinado à nutrição animal (AGRO, 2022). De acordo com Sindirações (2021) a produção brasileira anual de rações em 2021 ultrapassou 80 milhões de toneladas, sendo o milho um dos principais ingredientes, aumentando, assim, sua procura.

Além de apresentar alta demanda de consumo do milho, principalmente como fonte alimentar, o Brasil vem se consolidando como um dos maiores produtores desse cereal (CONAB, 2020). Na safra 2021/2022 o país produziu 113.272,1 mil toneladas (t) e obteve um consumo interno de 76.500,0 mil t (CONAB, 2022a). O milho é um produto fundamental para a agricultura brasileira, cultivado em todas as regiões do País, a maior produção está concentrada nos estados de Mato Grosso, Paraná e Mato Grosso do Sul (COÊLHO, 2021). Além de ser uma das principais fontes de subsistência nas regiões mais pobres do País, o cereal apresenta participação importante no PIB brasileiro, em Janeiro de 2023 foi responsável por 17,3% das mercadorias exportadas pelo agronegócio do país (BRASIL, 2023).

Uma reflexão necessária sobre os sistemas de produção é de que, apesar de aparecer como um dos maiores produtores de milho, a produtividade da cultura no Brasil, quando comparada ao primeiro e segundo lugar no ranking, ainda é baixa. Na safra 2019/2020 os EUA tiveram uma produtividade média do milho de cerca de 10.509kg ha⁻¹, na China o valor ficou em 6.318 kg ha⁻¹, enquanto no Brasil a produtividade ficou em torno de 5.540kg ha⁻¹ (FORMIGONI, 2020). Quando se avalia a região Nordeste do país, percebe-se que a situação é ainda mais preocupante, em 2021 a média de produtividade da região foi 36% menor do que a média nacional (CONAB, 2022b). O fato pode ser explicado pois nesse território a produção de milho é caracterizada por se apresentar em pequenas e médias propriedades de base familiar, onde há a baixa implantação de tecnologias e consequente baixa

eficiência produtiva. Na região a cultura tem grande impacto socioeconômico, podendo ser utilizado para subsistência (DUARTE; MATTOSO; GARCIA, 2021) ou como fonte alimentar na pecuária.

A baixa produtividade observada na produção brasileira de milho pode ser explicada pelo manejo que é realizado com a cultura. O milho é uma cultura com alta exigência nutricional, com ênfase em nitrogênio (N) e fósforo (P). A recomendação de adubação para a cultura é de 60 a 100kg ha⁻¹ de N (COELHO, 2006) e 60 a 120kg ha⁻¹ de P (SOARES, 2020). O uso frequente sem reposição dos nutrientes do solo provoca um empobrecimento, resultando em produtividades cada vez menores. Segundo o IBGE (2017) cerca de 58% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros cultivam sem o uso de adubação alguma, seja por uma questão cultural ou pelo alto custo dos fertilizantes minerais (ZONTA; STAFANATO; PEREIRA, 2021), no Nordeste esse número sobe para 67%.

Sendo assim, é necessária a busca por alternativas que possam auxiliar no aumento da produtividade da cultura e que tenham um menor custo associado do que os fertilizantes agrícolas. A inoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal se apresenta como técnica promissora para alcançar esses objetivos. Mazzuchelli, Sossai e Araujo (2014) observaram que a inoculação de sementes de milho com bactérias *Azospirillum brasilense* aumentou em 21,9% a produtividade do milho.

2.2. Bactérias promotoras de crescimento vegetal

As bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) são microrganismos que vivem em associação simbiótica com a planta, podendo habitar qualquer parte do vegetal sem causar prejuízos, além de possibilitar incremento no crescimento das plantas e atuar como agentes controladores de microrganismos fitopatogênicos (POLLI *et al.*, 2012; SILVA, 2022).

Ao se estudar as BPCV observou-se logo a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio (FBN). Porém ao longo dos anos, foi analisado que a FBN é somente um entre vários mecanismos de promoção de crescimento. As BPCV podem utilizar diversos mecanismos para estimular o crescimento vegetal: controle biológico (VERMA; WHITE, 2017); facilitar a absorção de nutrientes (ROTARU; RISNOVEANU, 2019); produção de fitohormônios (SHEN *et al.*, 2019); produção de sideróforos (BORTOLOTTI, 2014), tendo como resultado o aumento na

produtividade da cultura.

Atualmente as BPCV do gênero *Azospirillum* são bastante utilizadas para a inoculação em gramíneas, obtendo-se resultados satisfatórios com seu uso (NOZAKI; LORENZATTO; MANCINI, 2013; NAKAO *et al.*, 2014). O *Azospirillum* brasileiro é a espécie promotora de crescimento vegetal mais estudada do gênero *Azospirillum* (MENDONÇA *et al.*, 2020). Bactérias dessa espécie podem colonizar tanto a parte interna quanto externa das plantas, possuindo elevado poder de estimular o crescimento e produção vegetal (SILVA, 2022).

Além disso, vem crescendo o número de estudos com a inoculação de bactérias do gênero *Bacillus* na cultura do milho. Os microrganismos pertencentes a esse gênero podem ser encontrados tanto na planta quanto no solo e têm apresentado resultados positivos na promoção de crescimento das plantas e, também, na melhoria da nutrição fosfatada, já que conseguem liberar compostos que tornam o fósforo disponível para a absorção pelos vegetais (ARAÚJO, 2008; TAVANTI *et al.*, 2020).

Milléo *et al.* (2023) ao avaliar a inoculação de *Bacillus amyloliquefaciens* nas culturas do milho e soja, verificaram que a bactéria contribui para a produção da biomassa vegetal, rendimento de grãos e melhor absorção de fósforo. Ribeiro *et al.* (2018) estudando a inoculação de diferentes estirpes de bactérias do gênero *Bacillus* no milho, encontraram resultados positivos para o desenvolvimento da planta, a estirpe B1923 foi capaz de produzir AIA e solubilizar fosfato, resultando em maior massa da parte aérea seca e da raiz seca, e as estirpes B2084 e B2088 promoveram um maior acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na planta.

Estudos com inoculação de BPCV no milho relatam que as plantas inoculadas apresentam maiores teores de nitrogênio e fósforo na parte aérea (ARRUDA *et al.*, 2013; SOUZA, 2014). Também possuem maior teor relativo de clorofila (KAPPES *et al.*, 2013), maior teor de massa seca da planta e das raízes (DOMINGUES NETO *et al.*, 2013; QUADROS *et al.*, 2013), incremento nas características de produção (ARAÚJO *et al.*, 2014) e produtividade da cultura (ANDRADE *et al.*, 2016; DARTORA *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Dessa forma, a inoculação com BPCV pode ser uma ótima alternativa à diminuição do uso de fertilizantes químicos, diminuindo o custo de produção e os riscos ao meio ambiente. Porém, apesar de existir indícios sobre o efeito benéfico dessas bactérias para a cultura do milho, os estudos são incipientes, sendo

necessário o desenvolvimento de novas pesquisas na área. A seleção e validação de estirpes de bactérias que promovam eficiência para uso como inoculantes, além de melhorar a produtividade dessa cultura, também ampliará o uso dessa tecnologia de baixo impacto ambiental na região Nordeste.

2.3. Mecanismos de promoção de crescimento

O nitrogênio (N) é um macronutriente essencial no desenvolvimento das plantas. Por compor a molécula de clorofila, aminoácidos, enzimas e proteínas, interfere diretamente na formação das raízes, fotossíntese, produção de fotoassimilados e taxa de crescimento da planta (MORAES *et al.*, 2017).

A atmosfera é abundante em N, cerca de 80% do ar é composto pelo nitrogênio, porém o elemento se encontra na forma de gás (N_2), as plantas não conseguem absorvê-lo nessa forma, geralmente as formas disponíveis de N para os vegetais são os nitratos (NO_3^-) e amônia (NH_3), que podem ser absorvidas pelas raízes (PAULA, 2018).

Atualmente a forma mais utilizada de fornecimento de nitrogênio para as plantas é por meio da adubação com fertilizantes sintéticos. Porém o uso maciço de fertilizantes nitrogenados pode causar diversos impactos ambientais, como a acidificação dos solos e a poluição de lençóis freáticos, lagos e rios (MENDES *et al.*, 2010), além de seu alto custo (CARMO *et al.*, 2020).

Nesse cenário, a FBN apresenta-se como uma ótima alternativa para o fornecimento de N às plantas. A FBN é realizada por microrganismos chamados de diazotróficos, que por meio da enzima *Nitrogenase* conseguem assimilar o nitrogênio atmosférico (N_2) e convertê-lo em amônia (NH_3), o tornando disponível para o vegetal (CARMO *et al.*, 2020; RASPE, 2021).

Paula (2018), isolou bactérias de raízes do sorgo, buscando identificar e caracterizar esses microrganismos quanto sua eficiência em produzir mecanismos de crescimento vegetal. Dos 24 isolados obtidos 6 apresentaram eficiência na fixação de nitrogênio, sendo eles pertencentes aos gêneros *Burkholderia*, *Rhizobium* e *Sphingomona*.

Outra forma de promoção de crescimento utilizado pelas BPCV é a produção de sideróforos. O ferro é um elemento essencial para quase todas as formas de vida, porém não pode ser facilmente assimilado pelas plantas porque se encontra no

meio na forma de íon férrico (Fe^{3+}), a forma é pouco solúvel e a disponibilidade de ferro para os organismos se torna baixa. Para ser absorvido o ferro precisa estar na forma de íon ferroso (Fe^{2+}). Alguns microrganismos produzem os sideróforos, que têm a função de sequestrar o Fe^{3+} e transformá-lo em Fe^{2+} tornando-o disponível para as plantas (BRAGA *et al.*, 2022).

Antunes (2016) isolando bactérias de plantas forrageiras (capim-buffel, capim-tifton 85, sorgo, palma forrageira e maniçoba), avaliou a capacidade de produção de sideróforos por esse microrganismos. Dos 61 isolados obtidos, 3 foram capazes de produzir o composto. Batista *et al.* (2018) avaliando o potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em produzir sideróforos, perceberam que houve uma maior produção de sideróforos quando o tempo de cultivo foi de 72h e houve um destaque para as bactérias B1928 (*Burkholderia gladioli*), B2081 (*Bacillus cereus*), B2106 (*Bacillus megaterium*) e B2103 (*Pantoea ananatis*).

A solubilização de fósforo é considerado outro mecanismo de promoção de crescimento desenvolvido pelas BPCV. O fósforo desempenha um papel fundamental nas plantas, na formação de ATP (Adenosina trifosfato), esse composto é a principal fonte de energia para os processos fisiológicos da planta (fotossíntese, divisão celular, entre outros) (SANTOS, 2020).

A intemperização dos solos resulta em uma elevada presença de óxido de ferro e alumínio, o fósforo se liga à esses íons ficando indisponível para as plantas. Alguns microrganismos produzem enzimas que quebram as ligações e tornam o fósforo disponível para absorção pelas plantas. Silva (2022), avaliou a eficiência da inoculação de BPCV no milho utilizando 12 tratamentos, sendo um controle (sem a inoculação) e os outros 11 tratamentos utilizando bactérias dos gêneros *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomona*, isoladas ou combinadas e concluiu que as plantas dos tratamentos que receberam inoculante com as BPCV tiveram um incremento de até 17% no teor foliar de fósforo.

As BPCV também podem aumentar o nível de produção de substâncias produzidas pelas plantas e que atuam na regulação do seu desenvolvimento e crescimento, os fitohormônios (MENDONÇA *et al.*, 2020). Dos hormônios, os mais produzidos são as auxinas (PUENTE *et al.*, 2018) e citocininas e gliberina em menores quantidade (CASSAÍN; VANDERLEYDEN; SPAEPEN, 2014; FUKAMI *et al.*, 2017).

O ácido indol acético (AIA) é a auxina produzida mais abundantemente nas

plantas, existem estudos que confirmam que a inoculação com BPCV é capaz de aumentar a produção do ácido. Ribeiro *et al.* (2015) avaliando o potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos do milho quanto a produção de fitormônios verificaram que 18,7% das bactérias endofíticas foram eficientes na produção de AIA, dentre elas se destacaram as estirpes 1931 e 1913, ambas do gênero *Pantoea*. Dias, Rezende e Florentino (2014) analisando a produção de AIA por bactérias isoladas de solos cultivados com *Brachiaria* sp. observaram que dos 332 isolados avaliados, 78 foram capazes de produzir compostos indólicos, sendo 46 isolados provenientes da planta e 32 diretamente do solo.

Por meio da utilização desses mecanismos, as BPCV conseguem auxiliar no desenvolvimento das características morfológicas, de produção e produtividade das plantas inoculadas. Quadros *et al.* (2013) observaram que inoculação com *Azospirillum* em milho aumentou o teor de clorofila, o rendimento da matéria seca da parte aérea e o peso de 1000 grãos da cultura. Libório *et al.* (2016) estudando os parâmetros agrônômicos da inoculação de milho com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada, perceberam que devido a inoculação com essas bactérias, a dose de N pode ser reduzida pela metade, mantendo-se a mesma produtividade do uso da dose total.

Lima *et al.* (2011) avaliando a inoculação de sementes de milho com *Bacillus subtilis*, observaram que as bactérias associadas à adubação nitrogenada auxiliaram no desenvolvimento e no aumento da produtividade da cultura. Além disso, Guimarães *et al.* (2021) ao testarem a inoculação com as bactérias *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084), em associação com doses de fósforo, para a cultura do milho, perceberam que as estirpes promoveram uma maior produtividade em relação ao tratamento controle. Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas em relação à inoculação com BPCV é uma promissora alternativa para resolver os problemas causados pela alta demanda de fertilizantes minerais existente.

3. METODOLOGIA

3.1. Local

O experimento foi conduzido entre os meses de dezembro de 2022 a abril de 2023, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), localizado no município de Paulistana, PI. O clima da região segundo classificação

de Köppen, é semiárido quente, com baixo nível de precipitação durante, do tipo fundamental *BSh*. A precipitação acumulada no local durante o experimento foi de 71,6 mm (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia).

O trabalho foi desenvolvido em parceria com a Embrapa Semiárido, em continuidade ao estudo de diversidade de bactérias com potencial para inoculação em plantas de milho da coleção Laboratório de microbiologia do Solo (LMS). As estirpes bacterianas compõem a Coleção de Cultura de Micro-organismos de Interesse Agrícola da Embrapa Semiárido (CMISA) e foram cedidas pela Embrapa.

3.2. Tratamentos

O experimento foi realizado em um delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Cada parcela tinha tamanho de 8 m², tendo como área útil 4 m².

Foram utilizados cinco tratamentos: ESA 674 (inoculação com a bactéria ESA 674 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N); M163 (inoculação com a bactéria M163 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N); ABV5 (inoculação com a bactéria de referência do gênero *Azospillium*, estirpe Ab-v5 + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N); TC (tratamento controle, sem nenhum tipo de inoculação e sem suplementação com N) e TN (testemunha nitrogenada, com base em uma adubação de 90 kg ha⁻¹ de N e sem nenhum tipo de inoculação).

3.3. Preparo da área

A cultivar de milho utilizada foi o híbrido duplo BRS 2022, caracterizada pela precocidade e alto potencial produtivo, é indicado para agricultura de baixo investimento e para a produção de grãos.

Antes da implantação do experimento, foi realizada a coleta de amostras de solo para análise de fertilidade. Os resultados estão representados na Tabela 1. Para o preparo do solo foi realizada uma gradagem, e posteriormente, abertura dos sulcos para plantio. A adubação foi realizada com base nos resultados obtidos da análise do solo e recomendação para cultura.

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo da área do experimento, Paulistana – PI, 2022.

pH	CE	MO	Pdisp.	K	Na	Ca	Mg	H+Al	Al ³	SB	CTC	V
----	----	----	--------	---	----	----	----	------	-----------------	----	-----	---

dS/m	g/kg	mg/kg	----- Cmolc/kg-----										%
5,92	0,32	9,54	7,34	0,33	0,04	11,4	1,02	3,3	0,0	12,8	16,1	79,51	

Fonte: produção do autor

pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; MO: matéria orgânica; Pdisp.: fósforo disponível; K: potássio; Na: sódio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al³⁺: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: saturação de bases; CTC: capacidade troca de cátions; V: saturação por bases.

Todos os tratamentos receberam uma adubação de implantação com base em 20kg ha⁻¹ de K e 60kg ha⁻¹ de P (Figura 1). O TN recebeu uma adubação equivalente à 90kg ha⁻¹ de N, dividida em três doses: uma no plantio e duas de cobertura, sendo a primeira 10 dias após a DAE e a segunda 24 dias DAE. Os tratamentos com inoculação receberam adubação nitrogenada de cobertura com base em 10kg ha⁻¹, dividida em duas doses (Figuras 2 e 3). A fertilização foi realizada com a aplicação dos adubos diretamente nos sulcos.

Figura 1: Adubação de implantação;
Figura 2 - Primeira adubação nitrogenada nas plantas inoculadas;
Figura 3 - Segunda adubação nitrogenada nas plantas inoculadas.



Fonte: produção do autor.

3.4. Instalação do experimento

Para o preparo dos inoculantes, as bactérias foram crescidas em meio YM (Yeast Malt Agar – meio de cultura a base de leveduras e manitol), submetidas à agitação orbital de 100 rotações por minuto (rpm) por cinco dias à temperatura ambiente. Todas as sementes receberam o inóculo, aplicado diretamente antes da semeadura. O plantio foi realizado manualmente, onde foram dispostas na linha de semeadura três sementes a cada 0,20m em linhas espaçadas 0,5m entre si (Figura 4). Quinze dias após a emergência das plântulas (DAE), foi realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta a cada 0,20m (Figuras 5 e 6). Para a condução do experimento foi realizada irrigação complementar utilizando sistema de irrigação por gotejamento.

Figura 4 - Semeadura da cultura;
Figura 5- Desbaste das plantas de milho (15 DAE);
Figura 6 - Área do experimento após o desbaste.



Fonte: produção do autor.

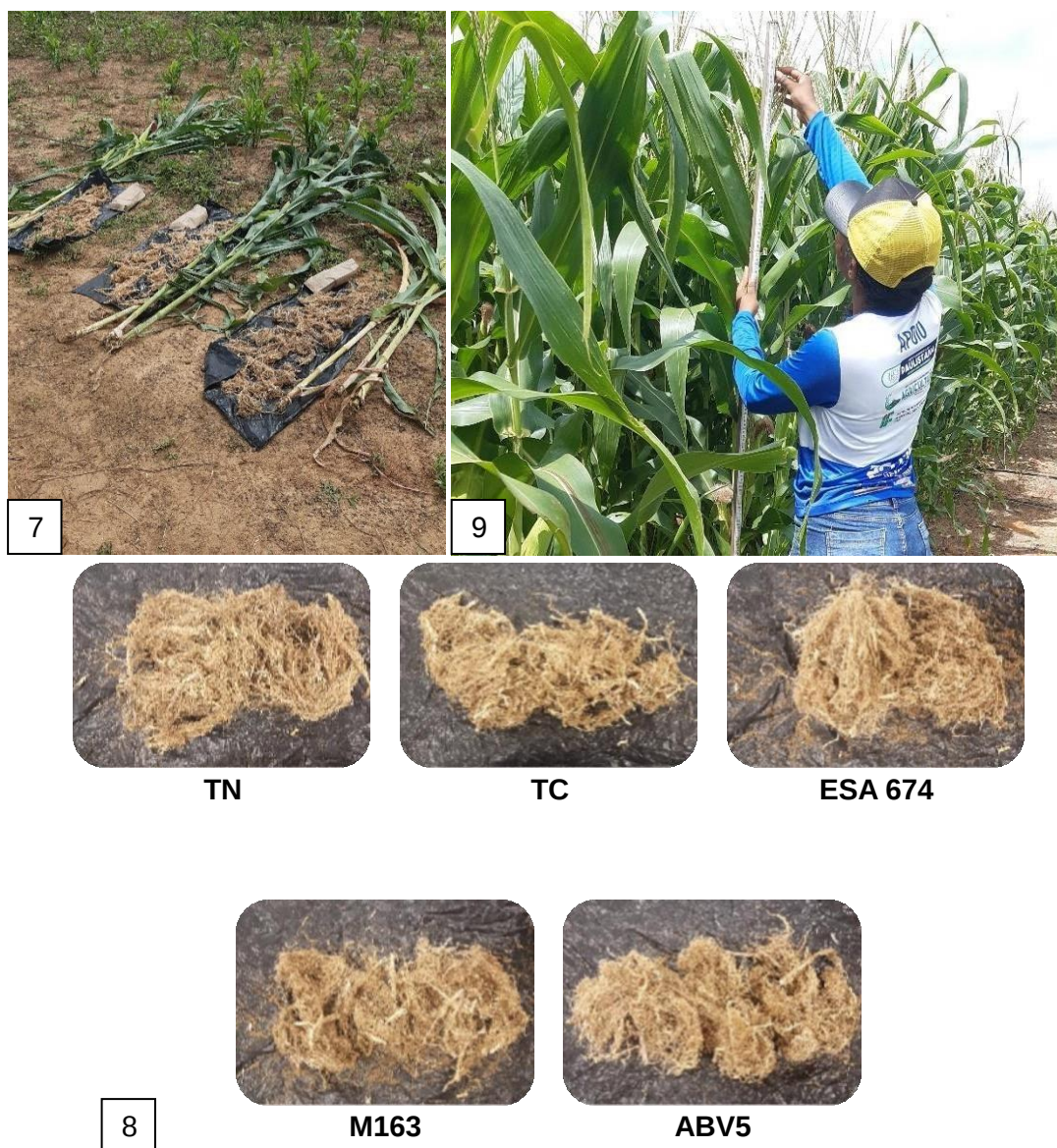
3.5. Variáveis analisadas

Aos 60 DAE foram coletadas 3 plantas por parcela, de forma aleatória, para avaliação da massa da parte aérea seca (MPAS) e massa da raiz seca (MRS) (Figuras 7 e 8). Na determinação da massa da matéria seca, as plantas de milho foram retiradas completamente. A seguir, o material vegetal foi picado, armazenado em sacos de papel e seco em estufa com aeração forçada a 55 °C até atingir massa constante. Após a secagem, foi avaliado o teor de nitrogênio da parte aérea, pelo método Kjeldahl. Foi avaliada, ainda, a altura de plantas (AP) nesse mesmo período, para essa determinação foi retirada a medida do solo ao ápice da inflorescência da planta, com o auxílio de régua graduada em centímetros (Figura 9).

Figura 7 - Retirada de 3 plantas por parcela para avaliação da MPAS e MRS;

Figura 8 - Raízes secas do milho aos 60 DAE;

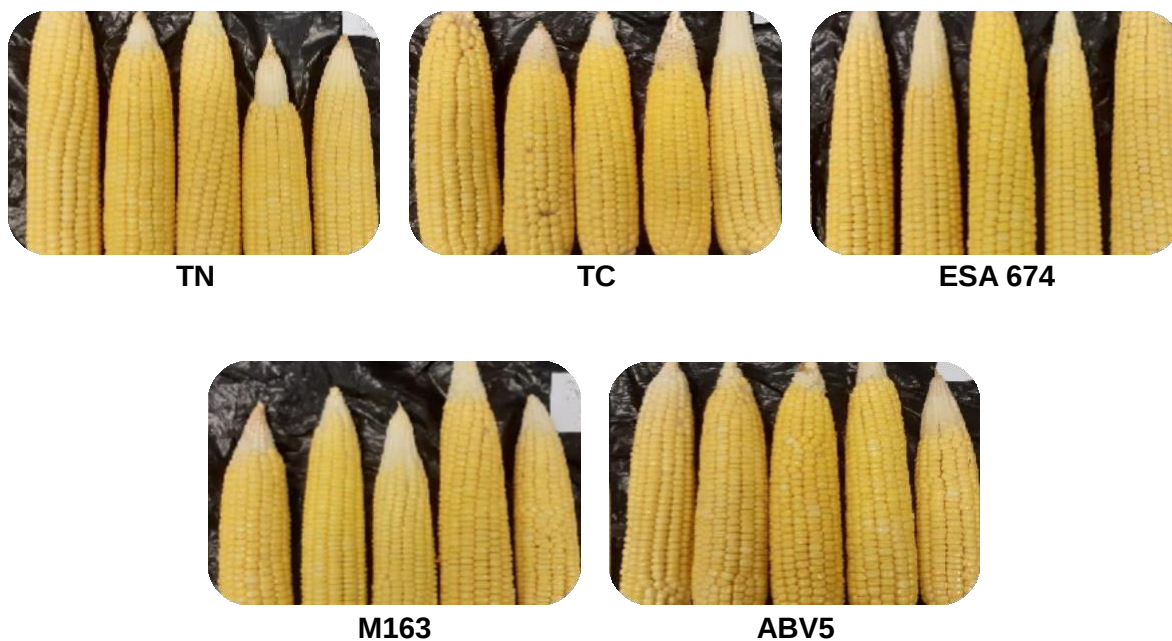
Figura 9 - Avaliação da altura de plantas de milho aos 60 DAE.



Fonte: produção do autor.

Na ocasião da colheita do milho verde, com os grãos no estado leitoso, aos 75 DAE, 10 espigas por parcela foram aleatoriamente selecionadas da área útil nas linhas centrais de cada parcela e analisadas quanto ao tamanho e peso sem casca (Figura 10). O comprimento médio em centímetros de espiga foi determinado através de medidas da base até o ápice da espiga, com auxílio de régua.

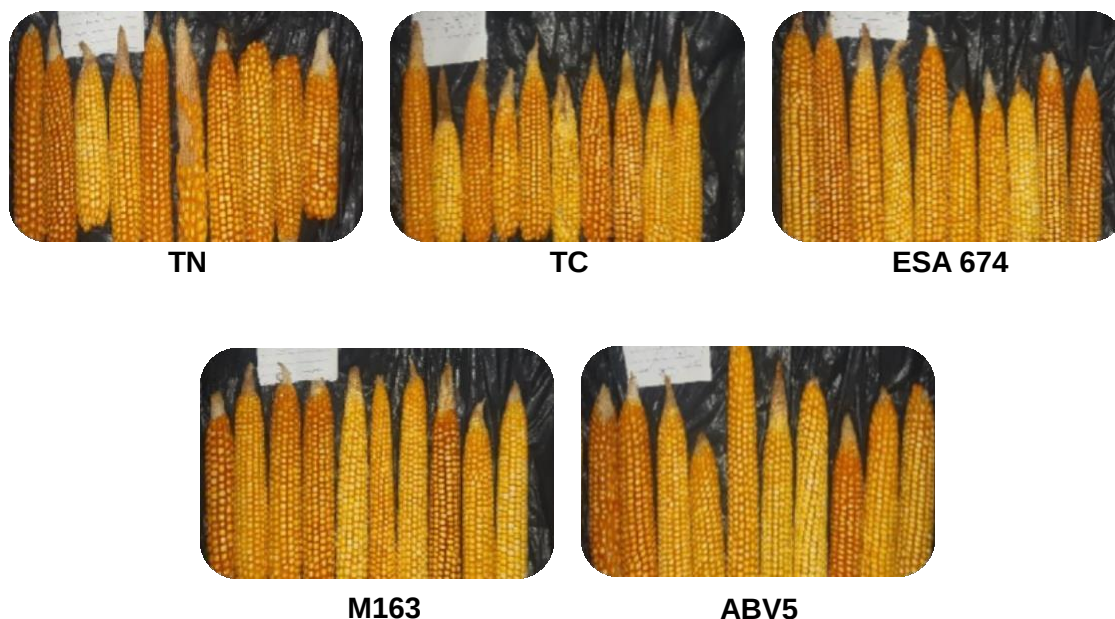
Figura 10 - Espigas do milho verde aos 75 DAE.



Fonte: produção do autor.

Na ocasião da colheita do milho seco, quando os grãos atingiram a maturação fisiológica (110 dias após a emergência), foi realizada a segunda coleta de espigas (Figura 11), retirou-se dez espigas da área útil nas linhas centrais de cada parcela dispensando-se 1 m no início e final da parcela. Após a coleta, o milho foi debulhado e avaliado o rendimento de grãos e a massa de 100 grãos (g) em cada parcela. O rendimento foi padronizado para Kg ha^{-1} .

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knot ($p < 0,05$).

Figura 11 - Espigas de milho aos 110 DAE.

Fonte: produção do autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A inoculação com as bactérias *Bacillus* ESA 674 e *Azospirillum* Ab-v5 promoveu maior altura de planta aos 60 DAE (dias após emergência) em relação as demais (Tabela 2). Os resultados mostram que a inoculação com a bactéria testada pela primeira vez em estudo de campo ESA 674, do gênero *Bacillus*, promoveu incremento nesta variável semelhante a estirpe referência e superior ao controle nitrogenado. Resultados semelhantes foram observados por Silva Júnior et al. (2021), que verificaram que a AP de milho aos 60 DAE foi consideravelmente maior quando houve a inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum brasiliense*, mesmo com uma redução de 15% na dose N utilizada. O incremento detectado para essa variável pode estar relacionado a produção de fitohormônios pelas BPCV, que manifesta a eficiência desses microrganismos na promoção de crescimento das plantas (PICAZEVICCZ et al., 2017).

Tabela 2 - Valores médios verificados para altura de plantas (AP) aos 60 DAE; massa seca da parte aérea (MPAS); massa seca da raiz (MRS) e teor de nitrogênio nas folhas.

TRAT	AP (M)	MPAS (g)	MRS (g)	TN FOLHA (g.kg ⁻¹)
ESA674	2.66 A	114.09 A	24.64 A	17.63 A

M163	2.51 B	133.12 A	21.98 A	19.41 A
ABV5	2.71 A	125.24 A	30.14 A	18.16 A
TN	2.45 B	122.25 A	33.90 A	18.97 A
TC	2.34 B	120.55 A	26.95 A	14.79 B
CV (%)	5,32	12,26	6,30	8,68

ESA 674 - inoculação com a bactéria ESA 674 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N; **M163** - inoculação com a bactéria M163 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N; **ABV5** - inoculação com a bactéria de referência do gênero *Azospirillum*, estirpe Ab-v5 + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N ; **TN** - testemunha nitrogenada, com base em uma adubação de 90 kg ha⁻¹ de N e sem nenhum tipo de inoculação; **TC** – tratamento controle, sem nenhum tipo de inoculação e sem suplementação com N. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot (p>0,05).

As estirpes inoculadas, bem como adubação com N mineral não interferiram significativamente nas variáveis MPAS e MRS, demonstrando que as plantas se desenvolveram em condições homogêneas, independente dos tratamentos. Estes resultados, no entanto divergentes dos obtidos por Bomfim *et al.* (2020) que, em um experimento em vaso, verificou que a inoculação de *Bacillus* ESA 674 melhorou a massa seca da parte aérea em 57%. Milléo e Cristófoli (2017), em um estudo sobre o desempenho agrônomo de milho inoculado com *Azospirillum* sp., notaram que a massa seca das folhas e MRS foram maiores quando as plantas receberam o inoculante, demonstrando a eficiência dessas bactérias no desenvolvimento vegetativo da cultura. Peculiaridades como altas temperatura, bem como a precipitação pluviométrica no período experimental, características da região, podem influenciar na competitividade com estirpes nativas e limitar a eficiência da estirpe e consequentemente o desempenho das bactérias (LEITE *et al.*, 2013).

Menor teor de N foliar foi obtido no TC. O resultado mostra que a inoculação com as estirpes testadas neste estudo mostrou-se eficiente no aproveitamento do N pelas folhas, com desempenho no teor de N foliar semelhante à estirpe referência e a adubação com dose de 90 kg.ha⁻¹. Assim como neste estudo, Bonfim *et al.* (2020) também verificaram que a inoculação de *Bacillus* ESA 674 se destacou no aumento do acúmulo de N e outros nutrientes em um experimento em vaso. Mostrando que as plantas inoculadas com *Bacillus* assimilaram eficientemente a baixa quantidade de N aplicada como fertilizante, com desempenho significativamente superior ao tratamento controle.

Os resultados deste estudo reforçam o potencial dessa estirpe, bem como da M163 para o acúmulo de N foliar. A inoculação de *Bacillus* em estudos anteriores apontam para a capacidade de algumas desses microrganismos para aumentar a absorção de nutrientes pela planta (LUO *et al.*, 2012). Araújo *et al.* (2015) mostraram

que a inoculação com BPCV pode resultar em absorção de N mais eficiente em milho. Coelho (2018), analisando o efeito da inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho em sistema de plantio direto convencional, observou um maior teor de N foliar nas plantas que receberam inoculação. Segundo a autora, o solo onde o experimento foi instalado apresentava baixa fertilidade, assim a atividade da bactéria pode ser favorecida em casos como esse. Souza (2014) também encontrou resultados positivos em teores de N foliar para plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* em relação às plantas que não foram inoculadas. Os resultados apresentados indicam a eficiência das bactérias utilizadas no aproveitamento do nitrogênio. Segundo Tagliari (2014) folhas com alto teor de N apresentam uma maior capacidade de capturar o gás carbônico da atmosfera, sintetizando-o em carboidratos durante a fotossíntese.

As avaliações de peso e comprimento de espiga mostraram que não houve diferença significativa entre tratamentos (Tabela 3). Uma vez que essas duas variáveis são diretamente ligadas à nutrição e distribuição dos nutrientes pela planta, esse comportamento indica que as plantas inoculadas e adubadas com TN mostraram uma maior eficiência em destinar nutrientes para o enchimento de grãos. Essa hipótese é reforçada pelo resultado alcançado na produtividade da cultura, uma vez que para esses tratamentos foi significativamente maior, assim como nos resultados registrados para a cultura, por Dotto *et al.* (2010).

Tabela 3- Valores médios observados para as variáveis peso de espiga, comprimento de espiga, massa de cem grãos e produtividade da cultura do milho.

TRAT	PESO ESPIGA (g)	COMP. ESPIGA (g)	MASSA CEM GRÃOS (g)	PRODUTIVIDADE (kg/ha)
ESA 674	185.89 A	18.57 A	40.68 A	6.913.03 A
M163	205.63 A	20.52 A	38.50 A	6.544,98 A
ABV5	210.55 A	20.15 A	38.55 A	6.938,33 A
TN	196.42 A	20.30 A	38.18 A	6.582,75 A
TC	152.42 A	18.07 A	35.07 B	5.938,90 B
CV (%)	17,57	6,02	6,02	7,38

ESA 674 - inoculação com a bactéria ESA 674 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N; **M163** - inoculação com a bactéria M163 do gênero *Bacillus* + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N; **ABV5** - inoculação com a bactéria de referência do gênero *Azospirillum*, estirpe Ab-v5 + adubação nitrogenada com base em 10kg ha⁻¹ de N ; **TN** - testemunha nitrogenada, com base em uma adubação de 90 kg ha⁻¹ de N e sem nenhum tipo de inoculação; **TC** – tratamento controle, sem nenhum tipo de inoculação e sem suplementação com N. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knot (p>0,05).

A avaliação da massa de cem grãos mostrou que os tratamentos com inoculação de BPCV e o TN foram superiores ao TC. O resultado obtido reforça a eficiência das bactérias ESA 674 e M163, do gênero *Bacillus*, em auxiliar nas características produtivas da planta de milho. É possível observar que o desempenho das bactérias nessa variável acompanhou os resultados obtidos para o teor de N foliar, demonstrando a capacidade das estirpes no aproveitamento do nitrogênio, favorecendo o ganho de peso nos grãos, assemelhando-se ao desempenho da adubação nitrogenada total recomendada para a cultura. Gaspareto (2018) encontrou resultados semelhantes aos desse estudo, observando que plantas inoculadas com *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus amyloliquefaciens* apresentaram valores superiores da massa de cem grãos em relação ao tratamento com 100% da dose de N e sem inoculação. A massa de 100 grãos é uma característica importante para a cultura do milho, pois grãos mais pesados implicam em uma maior produtividade.

Em relação produtividade, os tratamentos inoculados e adubação completa com N mineral foram semelhantes e superiores estatisticamente ao tratamento controle. Os tratamentos com as estirpes testadas nesse estudo e a bactéria de referência apresentaram um incremento próximo a uma tonelada por hectare, em relação ao TC. Resultados semelhantes foram observados por Mazzuchelli et al., (2014) e Machado et al. (2020), que estudando os efeitos da inoculação com bactérias do gênero *Bacillus* e *Azospirillum* na cultura do milho, perceberam que as estirpes de *Bacillus* promoveram uma maior produtividade em relação ao tratamento controle.

Os parâmetros morfológicos e produtivos mostraram que as bactérias testadas no presente estudo, *Bacillus* ESA 674 e *Bacillus* M163 apresentam potencial para promover o crescimento do milho e ser usado como inoculantes para a planta nas condições estudadas. Estima-se que a utilização de bactérias promotoras do crescimento de plantas, com o objetivo de incrementar a produção agrícola, será provavelmente uma das táticas mais importantes para a produção de alimentos no mundo (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). Este trabalho contribui para os estudos sobre essa tecnologia, mostrando que estes micro-organismos podem ser uma alternativa à demanda emergente de redução da dependência de fertilizantes químicos e a necessidade de desenvolvimento da agricultura sustentável.

5. CONCLUSÃO

As plantas inoculadas com as BPCV testadas neste estudo mostram-se promissoras para os parâmetros produtivos.

As estirpes testadas neste estudo, *Bacillus* ESA 674 e M163 apresentam potencial para continuidade nos testes como inoculantes para em plantas de milho.

As BPCV podem promover economia de fertilizantes nitrogenados sem prejuízos ao crescimento e produtividade da cultura do milho.

REFERENCIAS

ABIMILHO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO. **O Cereal que enriquece a alimentação humana**. 2019. Disponível em: www.abimilho.com.br/milho/cereal. Acesso em: 3 mar. 2023.

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2022**. ABPA. Brasil, 2022, p. 46-76. Disponível em: abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2022.pdf. Acesso em: 4 mar. 2023.

AGRO. **Quais são os principais produtores de grãos do mundo?**. Canal agro. 2022. Disponível em: summitagro.estadao.com.br/comercio-exterior/quais-sao-os-principais-produtores-de-graos-do-mundo/#:~:text=O%20milho%20lidera%20o%20ranking,54%25%20de%20todos%20os%20gr%C3%A3os.. Acesso em: 4 mar. 2023.

ALCANTARA, KARINA FERNANDES DE . **A ORIGEM DO MILHO NA AMÉRICA LATINA, HISTÓRIA, MITOS E SEU USO NO MÉXICO E NO BRASIL** . Fortaleza, 2019. 49 p Monografia (BACHARELADO EM GASTRONOMIA) - Universidade Federal do Ceará, 2019.

ALVARENGA, Alessandro. **Origem do milho no Brasil e no mundo: cultura e histórico de cultivo**. Rehagro. 2022. Disponível em: rehagro.com.br/blog/origem-do-milho-no-brasil/. Acesso em: 2 mar. 2023.

ANDRADE, Alex Teixeira *et al.* PRODUTIVIDADE DE MILHO EM FUNÇÃO DA REDUÇÃO DO NITROGÊNIO E DA UTILIZAÇÃO DE *Azospirillum* brasilense. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 229-239, 2016.

ANTUNES, GABIANE DOS REIS. **Diversidade e eficiência na promoção do crescimento vegetal por bactérias isoladas de plantas forrageiras do Semiárido**. Petrolina, 2016. 93 p Dissertação (Ciência Animal) - Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2016.

AQUINO, Joacir Rufino de ; ALVES, Maria Odete ; VIDAL, Maria de Fátima . AGRICULTURA FAMILIAR NO NORDESTE: UM BREVE PANORAMA DOS SEUS ATIVOS PRODUTIVOS E DA SUA IMPORTÂNCIA REGIONAL. **boletim regional, urbano e ambiental - ipea**. 12 p, 2020.

h%C3%A3o%20s%C3%A3o%20referentes%20ao%20gr%C3%A3o.. Acesso em: 17 abr. 2023.

CARMO, K. B *et al.* Desempenho agrônomo do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, p. 95-101, 2020.

CASSA'N, Fabricio; VANDERLEYDEN, Jos; SPAEPEN, Stijn. Physiological and Agronomical Aspects of Phytohormone Production by Model Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Belonging to the Genus *Azospirillum*. **Journal of Plant Growth Regulation**, p. 441-459, ago 2013.

CHAGAS, Lílian França Borges *et al.* Bacillus subtilis E Trichoderma sp. NO INCREMENTO DA BIOMASSA EM PLANTAS DE SOJA, FEIJÃO-CAUPI, MILHO E ARROZ. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2017.

CIRINO, Ednaldo *et al.* **O USO DE FERTILIZANTES E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS**. Jundiaí, 2021. 13 p Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Química) - Etec Benedito Storan.

COELHO, Steliane Pereira. **Azospirillum brasilense NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO ORGÂNICO E CONVENCIONAL DE MILHO**. VIÇOSA, f. 66, 2018 Tese (Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, VIÇOSA, 2018.

COELHO, Antônio Marcos. Nutrição e Adubação do Milho. **EMBRAPA**, Sete Lagoas, v. 1. 10 p, 2006.

COELHO, JACKSON DANTAS. MILHO: PRODUÇÃO E MERCADOS. **ETENE**. 11 p, 2021.

CONAB. Análise mensal : Milho. **CONAB**, Brasília. 7 p, 2020.

CONAB. Grãos: Safra 2021/22 - 12º levantamento. **Acompanhamento da safra brasileira**, v. 1, n. 12, p. 50 - 62, Set 2022a.

CONAB. Grãos: Safra 2021/22 - 12º levantamento. **Acompanhamento da safra brasileira**, 2022b. Disponível em: www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/44165_6a0f559a948bf90cc33ae87853c8e5e6. Acesso em: 20 abr. 2023.

CORASSA, Geomar Mateus *et al.* INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À ADUBAÇÃO NITROGENADA EM TRIGO NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16. 1298 p, 2013.

COSTA, Nídia Raquel *et al.* Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuária em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, São Paulo, v. 1, p. 853 - 863, Out 2014.

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.

DARTORA, Janaína *et al.* Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10. 1023–1029 p, 2013.

DIAS, Márcio de S; REZENDE, Adauton V; FLORENTINO, Ligiane A. PRODUÇÃO DE ÁCIDO-3-INDOLACÉTICO (AIA) POR BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ISOLADAS DE SOLOS CULTIVADOS COM *Brachiaria* sp. . In: 6ª JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 3º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS, n. 6. 2014, Pouso Alegre, 2014.

DOMINGUES NETO, Francisco José *et al.* DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO VERDE SAFRINHA EM RESPOSTA À APLICAÇÃO FOLIAR COM *Azospirillum brasilense*. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v. 9, n. 17. 1030 p, 2013.

DOTTO, Adriano P *et al.* Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 3, p. 376-382, jul-set 2010.

DUARTE, Jason de Oliveira; MATTOSO, Marcos Joaquim; GARCIA, João Carlos. **Milho**: Importância Socioeconômica. Embrapa. 2021. Disponível em: www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica. Acesso em: 22 fev. 2023.

FORMIGONI, Ivan. **Maiores produtores de milho na safra 2020/21, revisão de outubro de 2020**. Farmnews. 2020. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/maiores-produtores-de-milho/>. Acesso em: 17 abr. 2023.

FRANCHI, Leonardo. **Bradyrhizobium e Azospirillum: o que são, sinergia e importância**. 2020. Disponível em: agro.genica.com.br/2020/07/20/bradyrhizobium-e-azospirillum. Acesso em: 22 fev. 2023.

FUKAMI, Josiane *et al.* Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, v. 7, n. 1. 153 p, 2017.

FURLAN, Fernando *et al.* Análise Fisiológica do Co-cultivo das BPCV *Herbaspirillum seropedicae* SmR1 e *Azospirillum brasilense* AbV5 com Plântulas de Trigo in vitro sob Condições de Estresse Hídrico. In: III SIMPÓSIO DE BIOQUÍMICA E BIOTECNOLOGIA, n. 3. 2013. 3 ed. Anais [...] Londrina, p. 94 - 97.

GASPARETO, Rafaela Neris. **FORMAS DE INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO NA NUTRIÇÃO E DESEMPENHO AGRONÔMICO DE MILHO NO CERRADO**. Ilha Solteira, f. 82, 2018 Dissertação (Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2018.

GÍRIO, Lucas Augusto da Silva *et al.* Bactérias promotoras de crescimento e adubação nitrogenada no crescimento inicial de cana-de-açúcar proveniente de mudas pré-brotadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 33 -

43, jan 2015.

GUARALDO, Maria Clara. **Brasil é o quarto maior produtor de grãos e o maior exportador de carne bovina do mundo, diz estudo**. EMBRAPA. 2021. Disponível em: www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/62619259/brasil-e-o-quarto-maior-produtor-de-graos-e-o-maior-exportador-de-carne-bovina-do-mundo-diz-estudo. Acesso em: 4 mar. 2023.

GUIMARÃES, Salomão Lima *et al.* Crescimento inicial de plantas de arroz inoculadas com *Azospirillum* spp.. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 11, p. 45 - 50, 2013.

GUIMARÃES, Vandeir Francisco *et al.* Eficiência de inoculante contendo *Bacillus megaterium* (B119) e *Bacillus subtilis* (B2084) para a cultura do milho, associado à fertilização fosfatada. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20920>.

HUNGRIA, Mariangela *et al.* Inoculation with selected strains of *Azospirillum* brasilense and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil**, p. 413-425, 2010.

HUNGRIA, Mariangela. AZOSPIRILLUM: UM VELHO NOVO ALIADO. *In*: FERTBIO. 2016, Goiânia, 2016.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agro 2017 - Resultados definitivos**. 2017. Disponível em: censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html?localidade=28. Acesso em: 17 abr. 2023.

JANTALIA, Cláudia Pozzi *et al.* Soja inoculada com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* spp. em áreas comerciais dos estados do Tocantins e Bahia: efeito na contribuição da FBN e na produtividade de grãos. **EMBRAPA - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPAB)**, Seropédica, v. 23, out 2021.

KAPPES, Claudinei *et al.* Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 527-538, 2013.

KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. FÓSFORO: DE NUTRIENTE À POLUENTE! . **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713 - 1721, 2012.

LEITE, J. *et al.* **Cowpea grown in semi-arid Brazil *Microvirga vignae* sp . nov ., a root nodule symbiotic bacterium isolated from cowpea grown in semi-arid Brazil**. n. October, 2013.

LIBÓRIO, Paloma Helena da Silva *et al.* INOCULAÇÃO COM *Azospirillum* brasilense ASSOCIADA À ADUBAÇÃO NITROGENADA REDUZIDA EM HÍBRIDOS DE MILHO. **REVISTA NUCLEUS**, v. 13, n. 2, p. 241-253, 2016.

LIMA, Francisco F *et al.* *Bacillus subtilis* e adubação nitrogenada na produtividade do milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 657-

661, 2011. DOI:10.5039/agraria.v6i4a1429.

Luo S, Xu T, Chen L, Chen J, Rao C, Xiao X, Wan Y, Zeng G, Long F, Liu C, Liu Y (2012) Endophyte-assisted promotion of biomass production and metal-uptake of energy crop sweet sorghum by plantgrowth- promoting endophyte *Bacillus* sp. SLS18. **Appl Microbiol Biotechnol** 93:1745–1753. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3483-0>.

MACHADO, Raphael Willian Bego *et al.* INOCULAÇÃO FOLIAR DE PLANTAS DE MILHO COM *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasilense*. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Jandaia, v. 17, n. 34. 289 p, 2020.

MARQUES, Jackeline Boaventura; REZENDE, Cláudia Fabiana Alves; BUENO, Ane Karolyne de Jesus. INOCULAÇÃO DE *Azospirillum brasilense* E APLICAÇÃO DE DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA NO MILHO. **Global Science and Technology**, Rio verde, v. 3, n. 1, p. 66-75, jan-abr 2020.

MAZZUCHELLI, Rita de Cássia Lima ; SOSSAI, Bruno Ferrari ; ARAUJO, Fabio Fernando de . INOCULAÇÃO DE *Bacillus subtilis* E *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DO MILHO. **Colloquium Agrariae**, v. 10, n. 2, p. 40-47, 2014.

MENDES, Alessandra Monteiro Saviano *et al.* Impactos ambientais causados pelo uso de fertilizantes agrícolas. In: BRITO, L. T. de L.. **Impactos ambientais causados pela agricultura no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa, 2010. Cap. 3. p. 55-99.

MENDONÇA, Johny Jesus *et al.* Diversidade, mecanismos de atuação e potencial agrícola de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando milho como cultura exemplo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife. 10 p, 2020.

MILLÉO, Marcos Vinícius Ribas *et al.* Agronomic efficiency of an inoculant based on *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 for corn and soybean crops. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 18, n. 1, 2023. DOI: 10.5039/agraria.v18i1a2844.

MILLÉO, Marcos Vinicius Ribas; CRISTÓFOLI, Isadora. AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DA INOCULAÇÃO DE *AZOSPIRILLUM* SP. NA CULTURA DO MILHO. **REVISTA SCIENTIA AGRARIA**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 14-23, jul-dez 2017.

MORAIS, Gildean Portela *et al.* Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 38, n. 3, p. 109-116, 2017.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MUMBACH, Gilmar Luiz *et al.* RESPOSTA DA INOCULAÇÃO COM *AZOSPIRILLUM* BRASILENSE NAS CULTURAS DE TRIGO E DE MILHO SAFRINHA. **REVISTA SCIENTIA AGRARIA**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 97 - 103, 2017.

NAKAO, Allan Hisashi *et al.* RESPOSTA DO SORGO GRANÍFERO À APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES E ÉPOCAS DE INOCULANTE (*Azospirillum brasilense*)

VIA FOLIAR . **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia , v. 10, n. 18. 2702 p, 2014.
 NASTARI, PLINIO M. ETANOL DE MILHO TEM FUTURO NO
 BRASIL. **AGROANALYSIS**, p. 26-27, Abr 2018.

NIDERA. **O milho e a nutrição animal: entenda o papel do cereal na pecuária**. Nidera. 2021. Disponível em: somosmilhoes.com/o-milho-e-a-nutricao-animal/. Acesso em: 20 fev. 2023.

NOZAKI, Marcia de Holanda; LORENZATTO, Ricardo; MANCINI, Marlon. Efeito do *Azospirillum* spp. em associação com diferentes doses de adubação mineral na cultura do trigo. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 17, n. 6, p. 27-35, 2013.

OLIVEIRA, Janaína de Moura *et al.* Fertilidade do solo manejado em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta na transição Cerrado-Amazônia. *In*: 7º SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS. 2013. 7 ed, Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 30 p.

OLIVEIRA, Jorge Augusto Aparecido de *et al.* INOCULAÇÃO VIA FOLIAR NA CULTURA DE MILHO COM *Azospirillum* brasilense ASSOCIADO A DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO EM COBERTURA. *In*: VII MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, n. 7. 2014. Anais eletrônicos [...] Maringá: UniCesumar, 2014.

PANDOLFO, Carla Maria *et al.* Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum* brasilense associado a doses de nitrogênio em cobertura. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 27, n. 3, p. 94-99, 2014.

PAULA , Thiago de Almeida. **BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL ASSOCIADAS AO SORGO** . VIÇOSA, 2018. 44 p Dissertação (Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2018.

PICAZEVICZ, Angelita A. C; KUSDRA, Jorge F; MORENO, Andréia de L. Maize growth in response to *Azospirillum* brasilense, *Rhizobium tropici*, molybdenum and nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 9, p. 623-627, 2017.

POLLI, Anderson *et al.* ASPECTOS DA INTERAÇÃO DOS MICRORGANISMOS ENDOFÍTICOS COM PLANTAS HOSPEDEIRAS E SUA APLICAÇÃO NO CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS NA AGRICULTURA. **Revista de Saúde e Biologia**, Maringá, v. 7, n. 2, p. 82-89, 2012.

PUENTE, Mariana L *et al.* The benefits of foliar inoculation with *Azospirillum* brasilense in soybean are explained by an auxin signaling model. **Symbiosis**, v. 76, n. 1, p. 41-49, 2018.

QUADROS, Patricia Dörr de *et al.* Desempenho agrônomo a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 209-218, 2014.

RASPE, Cristian Rafael; RASPE, Djéssica Tatiane. INOCULAÇÃO E APLICAÇÃO

DE DIFERENTES DOSES DE *Azospirillum brasilense* E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO. **UNINGÁ Review Journal**, v. 36. 14 p, 2021.

REIS, José Carlos Caetano . **QUALIDADE QUÍMICA DO SOLO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA, PECUÁRIA E FLORESTA E EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA EM MORRINHOS – GOIÁS**. Morrinhos, 2022. 25 p Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal Goiano, 2022.

REPKE, Rodrigo Alberto *et al.* EFICIÊNCIA DA *Azospirillum brasilense* COMBINADA COM DOSES DE NITROGÊNIO NO DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE MILHO. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 3, p. 214-226, 2013.

RIBEIRO, Vitória Palhares *et al.* Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos quanto à produção de fitases, fitormônios e biossolubilização de fósforo orgânico e inorgânico. *In: XXXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO*, n. 35. 2015. Anais [...] Natal, 2015.

ROTARU, Vladimir; RISNOVEANU, Luxita. Interactive Effects of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria and Phosphates Sources on Growth and Phosphorus Nutrition of Soybean under Moderate Drought . **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, p. 873-880, 2019.

SANTOS, Dualyson da Silva *et al.* Composição centesimal de milho Crioulo coletado em localidades do estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 13, n. 3, p. 308-312, 2018.

SANTOS, Maurício Siqueira dos. **Fósforo: importância, manejo e sintomas de deficiência**. Mais soja. 2020. Disponível em: maissoja.com.br/fosforo-importancia-manejo-e-sintomas-de-deficiencia2/#:~:text=Nas%20plantas%2C%20o%20F%C3%B3sforo%20desempenha,de%20assimilados%20e%20carga%20gen%C3%A9tica.. Acesso em: 4 mar. 2023.

SAQUETTO, Thiago. **IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO MILHO**. 2021. Disponível em: www.linkedin.com/pulse/import%C3%A2ncia-da-cultura-do-milho-thiago-antonio-saquetto/?originalSubdomain=pt. Acesso em: 3 mar. 2023.

SHEN, Fo-Ting *et al.* Screening of Rice Endophytic Biofertilizers with Fungicide Tolerance and Plant Growth-Promoting Characteristics. **Sustainability**. 13 p, fev 2019.

SILVA JUNIOR, Juracy Alves Martins; FREITAS, Joana Machado de; REZENDE, Cláudia Fabiana Alves. Produtividade do milho associado a inoculação com *Azospirillum brasilense* e diferentes doses de adubação nitrogenada. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, fev 2021.

SILVA, ANDRE SILAS LIMA. **PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO EM MILHO PELA INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO DE *Azospirillum*, *Bacillus* E *Pseudomonas***. Marechal Cândido Rondon, 2022. 44 p Dissertação (Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2022.

SILVA, Andréia Andrade da *et al.* PRODUTIVIDADE DE MILHO INOCULADO COM *Azospirillum brasilense* SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO. *In*: 3º SIMPÓSIO DE TCC DAS FACULDADES FINOM E TECSOMA, n. 3. 2020. **Anais [...]**. 2020, p. 62-71.

SINDIRAÇÕES. **AGROINFLAÇÃO COMPROMETE AS CADEIAS ALIMENTARES GLOBAIS**. 2021. 4 p. Disponível em: sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2021/12/boletim_informativo_do_setor_dez_2021_vs_final_port_sin_diracoes.pdf. Acesso em: 4 mar. 2023.

SOARES, Bruno Lima. **Adubo para milho: quais as recomendações e dicas sobre os principais nutrientes para maximizar a produtividade e rentabilidade da sua produção para grãos ou silagem**. Biomatrix sementes. 2020. Disponível em: [sementesbiomatrix.com.br/blog/fertilidade/adubo-para-milho/#:~:text=F%C3%B3sforo%20\(P2O5\)&text=Portanto%2C%20em%20solos%20com%20alto,ver%C3%A3o%20com%20finalidade%20de%20gr%C3%A3os..](http://sementesbiomatrix.com.br/blog/fertilidade/adubo-para-milho/#:~:text=F%C3%B3sforo%20(P2O5)&text=Portanto%2C%20em%20solos%20com%20alto,ver%C3%A3o%20com%20finalidade%20de%20gr%C3%A3os..) Acesso em: 4 mar. 2023.

SOUSA, Israel Mendes ; NASCENTE, Adriano Stephan ; FILIPPI, Marta Cristina Corsi de . Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 2, p. 140-145, 2019.

SOUZA, Wésley Carlos Rossini de. **MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO MILHO PELO USO DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* EM CONSÓRCIO COM CAPIM XARAÉS**. Ilha Solteira, 2014. 65 p Dissertação (Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2014.

STELLA, Laion Antunes *et al.* COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS SILAGENS DE MILHO E SORGO COM INCLUSÃO DE PLANTA INTEIRA DE SOJA. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 73, n. 1, p. 73-79, 2016.

TAGLIARI, LEONARDO PELLIZZARO. **Inoculação de *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada na cultura do milho cultivado sobre palhada de aveia e nabo..** CURITIBANOS, f. 33, 2014 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal de Santa Catarina, CURITIBANOS, 2014.

TAVANTI, Tauan R *et al.* Yield and quality of soybean seeds inoculated with *Bacillus subtilis* strains. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n. 1, p. 64-71, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p65-71>.

VALENTE JÚNIOR, Aírton Saboya ; LIMA, Yago Carvalho . Produção de Milho no Nordeste. **ETENE**, n. 172, 2018.

VERMA, Satish K; WHITE, James F. Indigenous endophytic seed bacteria promote seedling development and defend against fungal disease in browntop millet (*Urochloa ramosa* L.). **Journal of Applied Microbiology**, v. 124, n. 13, p. 764-778, 2017.

VOGEL, Gabriel Felipe *et al.* DESEMPENHO AGRONÔMICO DE *Azospirillum* brasileiro NA CULTURA DO ARROZ: UMA REVISÃO. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 3, p. 567 - 578, 2013.

ZONTA, Everaldo; STAFANATO, Juliano Bahiense; PEREIRA, Marcos Gervasio. Fertilizantes minerais, orgânicos e organominerais. In: BORGES, Ana Lúcia. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2021. Cap. 14. p. 263-303.