

UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UniEVANGÉLICA
CURSO DE AGRONOMIA

**USO DO *Bacillus aryabhattai* NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
DO MILHO**

Bruno Parreira Torres
Leandro Alves Ferreira

ANÁPOLIS-GO
2024

**BRUNO PARREIRA TORRES
LEANDRO ALVES FERREIRA**

**USO DO *Bacillus aryabhatai* NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
DO MILHO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Evangélica de Goiás -
UniEVANGÉLICA, para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Área de concentração: Microbiologia

Orientadora: Profa. Dra. Klenia Rodrigues
Pacheco Sá

**ANÁPOLIS-GO
2024**

Bruno Parreira Torres / Leandro Alves Ferreira

Uso do *Bacillus aryabhattai* na cultura do milho

/ Bruno Parreira Torres; Leandro Alves Ferreira

. – Anápolis: Universidade Evangélica de Goiás – UniEVANGÉLICA, 2023.

34 páginas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Klenia Pacheco

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Universidade Evangélica de Goiás
– UniEVANGÉLICA, 2024.

1. Bactérias promotoras de crescimento de plantas. 2. Estresse hídrico 3. Biofertilizantes I.
Bruno Parreira Torres; Leandro Alves Ferreira. II. Uso do *Bacillus aryabhattai* na cultura do
milho.

CDU 504

**BRUNO PARREIRA TORRES
LEANDRO ALVES FERREIRA**

**USO DO *Bacillus aryabhattai* NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA
DO MILHO**

Monografia apresentada à Universidade Evangélica
de Goiás – UniEVANGÉLICA, para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.
Área de concentração: Microbiologia

Aprovada em: _____

Banca examinadora

Prof^a. Dr^a. Klenia Pacheco
UniEvangélica
Presidente

Prof. Dr.
UniEvangélica

Prof^a. M. Sc.
UniEvangélica

Dedico esse trabalho aos meus pais que tanto me apoiaram, foram meu suporte e também meus pilares para chegar até aqui, me ajudando a superar as dificuldades.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, pela minha vida, minhas conquistas e por me ajudar a ultrapassar qualquer barreira que a vida trouxe.

A minha família, por todo o suporte e por sempre estarem ao meu lado para me dar total apoio e pela paciência e compreensão onde não estive muito presente durante este período.

Aos professores, com seus ensinamento e paciência para ensinar e por terem dado um norte para a minha formação.

“Não é a força, mas a constância dos bons resultados
que conduz os homens à felicidade”

Friedrich Nietzsche

SUMÁRIO

1. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. A CULTURA DO MILHO	16
2.1.1. Botânica e aspectos fitotécnicos	17
2.2. ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO	20
2.2.1. Bactérias promotoras de crescimento de plantas	21
2.2.2. <i>Bacillus aryabattai</i>	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

RESUMO

Este estudo aborda a importância do milho no contexto agrícola brasileiro e mundial, destacando sua relevância econômica e sua suscetibilidade ao estresse hídrico, que resulta em significativas perdas de produtividade. Neste contexto, o objetivo deste estudo é conhecer os benefícios do *B. aryabhattai* na cultura do milho, investigando suas potencialidades no desenvolvimento dessa cultura. O estudo foi realizado por meio de revisão de literatura, utilizando os indexadores “*Bacillus aryabhattai*” AND “milho”, na plataforma Google Scholar, durante os anos de 2014 e 2024. Foram considerados todos os artigos em português e inglês, desde que de livre acesso. Todos os artigos que não apresentaram o termo “*Bacillus aryabhattai*” no resumo, foram excluídos. A pesquisa resultou em 39 artigos, concentrados entre os anos de 2020 e 2024. As pesquisas evidenciam os avanços no uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), incluindo o *Bacillus aryabhattai*, para aumentar a tolerância de plantas de milho ao déficit hídrico. Os estudos demonstraram ainda que essas bactérias podem melhorar a absorção de nutrientes e água, promover o crescimento radicular e aumentar a resistência de plantas de milho ao estresse hídrico. O *B. aryabhattai* demonstra potencial para ser utilizado como ferramenta na cultura do milho.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o milho está entre uma das mais importantes culturas, ficando apenas atrás da soja, com uma área plantada de 4,4 milhões de hectares para a primeira safra, o que representa uma produção de 27 milhões de toneladas na safra 2022/2023. Para a segunda safra, houve um decréscimo na produtividade, reduzindo para 23 milhões de toneladas, contrariando as projeções do ano anterior de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024). A cultura possui grande importância econômica tanto no país quanto no mundo, sendo sua utilidade abrangente em várias áreas, incluindo a indústria farmacêutica, alimentícia, pecuária e outros modos de consumo (ANTUNES, 2019).

A ampla disseminação do cultivo coloca-o em contato com diversos graus de estresse hídrico, e para essa cultura, a ocorrência de secas resulta em uma diminuição de até 15% no rendimento anual, com perdas estimadas em 16 milhões de toneladas de grãos (CROSA et al., 2021). O impacto do estresse hídrico imediatamente após o plantio é um dos principais fatores abióticos que afetam significativamente o processo germinativo. Esse estresse interfere diretamente nas atividades enzimáticas da planta, resultando na redução do rendimento das cultivares e causando prejuízos ao produtor (DUARTE, 2023).

Além das perdas de produtividade, a escassez de água pode encurtar o período de formação dos grãos e interferir no desenvolvimento ovariano, aumentando o número de grãos abortados (MARWEIN et al., 2017). A deficiência hídrica também pode reduzir a absorção e o acúmulo de nutrientes devido à diminuição do crescimento radicular e ao fato de que a água é o veículo pelo qual os nutrientes minerais se deslocam da solução do solo para as raízes da planta (GESSLER et al., 2017).

Para mitigar o estresse hídrico nas culturas, tem sido objeto de pesquisa o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), às vezes referidas como biofertilizantes (FERREIRA et al., 2014). Os biofertilizantes, geralmente à base de BPCP, têm o potencial de aumentar a produtividade das culturas e a fertilidade do solo sem causar impactos negativos no ambiente. Além disso, podem reduzir a disponibilidade de substâncias tóxicas e metais pesados, enquanto aumentam a disponibilidade de nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N) para as plantas (RAMAKRISHNA et al., 2019; LU et al., 2021).

As BPCP presentes no solo podem estimular a produção de substâncias osmorreguladoras pelas plantas, contribuindo assim para a tolerância à seca (MATOS et al., 2019). Esses microrganismos também podem produzir auxinas, como o ácido indolacético, que estimulam o crescimento radicular das plantas, resultando em uma maior absorção de água e nutrientes do solo (TURATTO et al., 2018).

Dentre as espécies de *Bacillus* associadas a resistência a estresses abióticos, o *Bacillus aryabhatai* vem sendo apontado como uma ferramenta no manejo de resistência a condições de estresse hídrico (PARK et al., 2017). Conforme os autores, a capacidade que esta espécie tem em produzir ácido abscísico, o que estimula o fechamento estomático, pode ser um recurso valioso na melhoria de produtividade de culturas de segunda safra. Ao avaliar o uso de espécies de *Bacillus* na cultura do milho, Zerei et al. (2019) observou que as plantas melhoraram a tolerância ao déficit hídrico. Park et al (2017) observou que plantas de soja inoculadas com *B. aryabhatai* cepa SRB02 apresentaram maior crescimento e melhoraram a modulação de fitormônios relacionados a resistência a estresses abióticos.

Assim, o objetivo deste estudo é explorar os benefícios do *B. aryabhatai* na cultura do milho, investigando suas potencialidades no desenvolvimento dessa cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Gramineae/Poaceae, originada do teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays* ssp. mexicana (Schrader) Iltis), há mais de 8000 anos. Cultivado em diversas regiões do mundo, como Estados Unidos da América, República Popular da China, Índia, Brasil, França, Indonésia e África do Sul, o milho demonstra uma notável adaptabilidade devido à diversidade de seus genótipos. Ele pode ser cultivado desde o Equador até às terras temperadas, bem como em altitudes que ultrapassam os 3600 metros. Essa versatilidade permite que o milho prospere em climas tropicais, subtropicais e temperados.

Este vegetal tem um propósito fundamental tanto na alimentação humana quanto na animal, devido às suas excelentes propriedades nutricionais. O milho contém praticamente todos os aminoácidos conhecidos, com a exceção da lisina e do triptofano (CRUZ et al., 2008).

O milho desempenha um papel crucial na agricultura mundial destacando-se tanto na produção de silagem de excelente qualidade quanto na produção de grãos. Atualmente, é reconhecido como uma cultura de enorme potencial produtivo, contribuindo significativamente para a vitalidade das economias regionais e nacional (MIRANDA, 2018).

Nas últimas duas décadas, a produção de milho no Brasil tem aumentado consideravelmente, principalmente devido ao crescimento da segunda safra, conhecida como safrinha. De acordo com a Conab, nos últimos 20 anos, a produção de milho segunda safra aumentou treze vezes. Além disso, recentemente, começou a surgir uma safra de terceira safra nas regiões norte e nordeste do Brasil (CONAB, 2024).

A cultura do milho safrinha é plantada como segunda safra, seguindo geralmente a colheita da soja, e é normalmente colhida entre maio e agosto. A produção de milho segunda safra no Brasil aumentou significativamente, passando de 243 milhões de bushels em 2001/02 para 3.252 milhões de bushels em 2020/21. Enquanto isso, a produção de milho de primeira safra, colhida principalmente de janeiro a abril, apresentou pequenas quedas, passando de 1.145 milhões de bushels para 965 milhões de bushels em

2020/21. Atualmente, a safra de safrinha responde por 76% da produção total de milho no Brasil (SHINKAI et al., 2020).

Os estados do Centro-Oeste do Brasil, como Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, têm testemunhado um rápido crescimento na produção de milho, especialmente na safra safrinha. O clima tropical desses estados permite o cultivo de soja no verão e milho no inverno na mesma área, uma prática inviável no extremo sul do Brasil devido às baixas temperaturas durante o inverno. Entre os cinco principais estados produtores de milho segunda safra, Mato Grosso lidera com 43,8% da produção, seguido por Paraná (16,3%), Mato Grosso do Sul (13,4%), Goiás (12,8%) e Minas Gerais (4,5%). Esses cinco estados respondem por 90% da produção total de milho no Brasil (SHINKAI et al., 2020).

A partir de 2018/19, a Conab começou a oficialmente considerar a safra de terceira safra, colhida principalmente entre setembro e dezembro. Esta safra ocorre principalmente nos estados do Norte e Nordeste do Brasil, como Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Roraima. Embora represente apenas 1,7% da produção total de milho, essa cultura tem potencial para continuar crescendo (FIESP, 2019).

Atualmente, o plantio de milho safrinha enfrenta atrasos devido ao clima adverso, o que vem causando atrasos na colheita da soja desde o ano de 2021, hora devido ao tempo chuvoso, hora devido a falta de chuva que causou atrasos na colheita da soja em 2021, devido ao tempo chuvoso, hora devido ao atraso no início das chuvas (GONÇALVES et al., 2021).

A participação do Brasil no comércio mundial de milho aumentou de 7,5% em 2010/11 para 22% em 2020/21. As projeções do USDA para 2030 indicam que o Brasil será o segundo maior exportador de milho do mundo nos próximos 10 anos, atrás dos Estados Unidos e à frente da Argentina e Ucrânia (GONÇALVES et al., 2021).

2.1.1. Botânica e aspectos filotécnicos

O milho (*Zea mas*) é classificado na ordem Polares, na família Poaceae, na subfamília Panicoideae e na tribo Maydeae. Esta planta é uma das poucas espécies econômicas nativas das Américas. Apresenta características de uma planta herbácea anual, completando seu ciclo em quatro a cinco meses. Além disso, o milho é uma planta monoica, com flores femininas localizadas nas axilas das folhas (formando as espigas) e flores masculinas na extremidade superior (em panículas) (SILVA, 2021; PAES, 2008).

O milho possui um caule do tipo colmo, composto por nós e entrenós. Na parte superior desse sistema caular, as folhas são distribuídas alternadamente de um lado ao outro, em diâmetro inverso do caule. As folhas têm um limbo foliar largo, comprido e liso na maioria das vezes, formando um ângulo de 90° com o caule através de uma nervura principal resistente (MORAIS, 2012; SILVA et al., 2021).

O sistema radicular do milho é característico das gramíneas, sendo do tipo fasciculado ou em 'cabeleira', atingindo uma profundidade de 1,5 a 3,0 metros e localizado nas camadas superficiais até 0,30 metros de profundidade. Isso explica a pouca tolerância à deficiência hídrica. Além disso, possui raízes tipo escoras, conhecidas como adventícias, que auxiliam na fixação do caule e na absorção de sais minerais em solução (FORNASIERI, 2007).

O período vegetativo do milho é influenciado pelos fatores climáticos, com o florescimento ocorrendo em média de 5 a 12 semanas após a semeadura, podendo se estender até 10 meses. Em regiões de clima temperado e dias longos, o florescimento pode ocorrer mais tardiamente (BARBANO et al., 2001).

A fertilização do óvulo do milho dentro do ovário ocorre de 12 a 36 horas após a polinização. O desenvolvimento do grão é concluído em média 60 dias após a fertilização, durante os quais há um aumento de volume do ovário para o grão cerca de 400 vezes (SILVA et al., 2021). O grão de milho é o fruto de uma semente, típica das gramíneas. Dentro do grão encontram-se o endosperma e o embrião. O endosperma é responsável por cerca de 85% da massa do grão, enquanto o embrião corresponde a cerca de 10% e o pericarpo, 5%. Grande parte do endosperma é constituída principalmente de amido, que representa de 86 a 89% dos carboidratos e 75% das proteínas. Além disso, nas células do endosperma, o amido está presente na forma de grânulos, composto por dois polissacarídeos de glicose, sendo 75% amilopectina e 25% amilose (SILVA et al., 2021).

O crescimento e desenvolvimento do milho são influenciados por fatores climáticos como água, temperatura e radiação solar. A cultura do milho requer condições ótimas de temperatura, precipitação pluviométrica e fotoperíodo para expressar seu potencial genético de produção. A temperatura desempenha um papel crucial, variando sua condição ideal conforme os estágios de crescimento da planta. As flutuações de temperatura afetam os processos metabólicos da planta, com um metabolismo mais acelerado em temperaturas mais altas e um declínio em temperaturas mais frias (CRUZ et al., 2006).

As temperaturas abaixo de 10°C ou acima de 30°C por períodos prolongados prejudicam o crescimento e o rendimento dos grãos, enquanto a temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, situa-se entre 24°C e 30°C (CRUZ et al., 2006). A queda no rendimento em temperaturas elevadas está relacionada ao curto período de enchimento de grãos devido à diminuição do ciclo da planta.

O milho é uma cultura que demanda uma quantidade significativa de água para seu desenvolvimento. Em diferentes regiões, desde aquelas com precipitação anual entre 250 mm e 5000 mm, a planta consome cerca de 600 mm de água ao longo de seu ciclo de vida. Durante os estágios iniciais de crescimento, em climas quentes e secos, o consumo diário de água raramente ultrapassa 2,5 mm. Entretanto, entre o espigamento e a maturação, esse consumo pode aumentar para 5 a 7,5 mm por dia, e em condições de temperatura muito elevada e umidade do ar baixa, pode chegar a 10 mm por dia (CRUZ et al., 2006).

O déficit hídrico durante o cultivo do milho pode causar danos em várias fases do desenvolvimento da planta. No crescimento vegetativo, leva a uma diminuição na taxa fotossintética devido ao menor alongamento celular e à redução da massa vegetativa. Durante a fase de florescimento, o déficit hídrico pode resultar em problemas como dessecação dos estilos-estigmas, aborto dos sacos embrionários e morte dos grãos de pólen, afetando diretamente o rendimento (SILVA et al., 2020). Na fase de enchimento de grãos, o déficit hídrico interfere no metabolismo da planta, reduzindo a taxa fotossintética e a produção de fotossimilados, o que impacta negativamente na translocação de nutrientes para os grãos (BARROS e CALADO, 2014; CRUZ et al., 2006).

Diversas espécies de pragas são conhecidas por atacar as sementes ou raízes do milho, incluindo cupins, larva-arame, bicho-bolo ou coró, larva-alfinete (sendo o inseto adulto comumente conhecido como vaquinha, "nacional" ou "patriota") e percevejo-castanho, entre outras. Devido aos seus hábitos subterrâneos, esses insetos frequentemente passam despercebidos pelos produtores, resultando na falta de medidas de controle adequadas (CRUZ et al., 1997).

Entre as espécies que atacam a parte aérea da cultura estão a lagarta-elasmopalpus (*Elasmopalpus lignosellus* - Lepidoptera, Pyralidae), o tripses (*Frankliniella williamsi* - Thysanoptera, Thripidae), as cigarrinhas (*Dalbulus maidis* - Hemiptera, Cicadellidae; *Deois flavopicta* - Hemiptera, Cercopidae), os percevejos (*Nezara viridula*, *Dichelops melacanthus* e *D. furcatus* - Hemiptera, Pentatomidae), a broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis* - Lepidoptera, Crambidae) e a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera*

frugiperda - Lepidoptera, Noctuidae). Estas pragas, quando presentes na lavoura, geralmente atingem níveis que ultrapassam o limiar de dano econômico, demandando, portanto, medidas de controle (CRUZ e BIANCO, 2001).

Diversas doenças afetam a cultura do milho em diferentes regiões do Brasil. Entre as mais significativas estão as podridões-do-colmo e do topo, causadas por bactérias como *Erwinia chrysanthemi* Burk., McFadden & Dimock, e pelo fungo *Pythium aphanidermatum* (Eds.) Fitz. Essas doenças são severas em condições de alta umidade, resultantes do excesso de chuvas ou irrigação. As podridões-do-colmo são causadas principalmente por *Fusarium* spp., *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W. Wils e *Diplodia maydis* (Berk) Sacc., e estão associadas a nematoides, brocas, adubação nitrogenada em excesso e doenças foliares severas. Já as doenças foliares, como ferrugens, *Helminthosporium* spp. e enfezamento, podem reduzir a qualidade e quantidade da produção, predispondo as plantas ao ataque de patógenos apodrecedores do colmo. O enfezamento, causado por micoplasma e espiroplasma, está relacionado à população de cigarrinhas vetoras e ao estágio de desenvolvimento das plantas (FERNANDES e BALMER, 1990).

2.2. ESTRESSE HÍDRICO NO MILHO

Dentre os principais fatores limitantes para a produtividade do milho está a disponibilidade hídrica. Pesquisas recentes têm se concentrado no desenvolvimento de genótipos de milho com sistemas radiculares mais eficientes, especialmente aqueles com maior capacidade de explorar o solo. Esses estudos são cruciais para o melhoramento das plantas em termos de tolerância a estresses abióticos (DEMÉTRIO, 2011). Estudos como os de Volpato et al. (2013) têm identificado fatores fisiológicos e radiculares relacionados à eficiência no uso da água, indicando que a razão área foliar/diâmetro do colmo pode ser útil na seleção antecipada de genótipos de milho para esse fim.

Além do melhoramento genético com seleção de variedade mais tolerantes a esse tipo de estresse, o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP), também conhecidas como biofertilizantes, tem sido objeto de pesquisa (FERREIRA et al., 2014). Esses produtos, geralmente baseados em BPCP, têm o potencial de aumentar a produtividade das culturas e a fertilidade do solo, sem causar impactos negativos no ambiente. Além disso, podem reduzir a disponibilidade de substâncias tóxicas e metais

pesados, enquanto aumentam a disponibilidade de nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N) para as plantas (RAMAKRISHNA et al., 2019; LU et al., 2021).

As BPCP presentes no solo podem induzir a produção de substâncias osmorreguladoras pelas plantas, colaborando assim para a tolerância à seca (FIGUEIRA, 2021). Esses organismos são capazes de sintetizar auxinas, como o ácido indolacético, que aumentam o crescimento das raízes das plantas, resultando em uma maior absorção de água e nutrientes do solo (TURATTO et al., 2018).

Estudos também demonstraram que as BPCP podem melhorar a tolerância das plantas de milho ao déficit hídrico, como observado por Zarei et al. (2019), que relataram que a inoculação de sementes de milho com *Pseudomonas* aumentou a resistência ao estresse hídrico. Além disso, a utilização de BPCP resultou em um aumento significativo na absorção de macronutrientes como cálcio (Ca), N e P, e de micronutrientes como boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn) (YADAV et al., 2020).

2.2.1. Bactérias promotoras de crescimento de plantas

A aplicação de bactérias em inoculantes ou biofertilizantes tem sido amplamente estudada e adotada globalmente, com relatos de benefícios como a redução de custos de produção, impacto ambiental positivo ao diminuir o uso de fertilizantes minerais, e aumento da produtividade das culturas. Estes produtos também têm potencial para mitigar os efeitos adversos do estresse hídrico nas plantações de milho. As Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP) são microorganismos que melhoram o desempenho das plantas de várias maneiras, incluindo a geração de compostos bioativos como aminoácidos, hormônios e enzimas (AFZAL et al., 2019).

Em particular, as rizobactérias, habitantes da rizosfera, promovem o crescimento das plantas facilitando a absorção de nutrientes como nitrogênio e fósforo (AHEMAD e KIBRET, 2014). O uso de inoculantes contendo estas bactérias pode aumentar a fixação de nitrogênio, reduzindo a demanda por fertilizantes nitrogenados e os custos de produção, além de promover o desenvolvimento das plantas por meio de diversos mecanismos, como a liberação de nutrientes insolúveis e a produção de hormônios vegetais (TURATTO et al., 2018).

Estas bactérias estão associadas com várias espécies vegetais, sendo capazes de colonizar diferentes tecidos e órgãos sem causar sintomas visíveis. O uso de fertilizantes

biológicos pode contribuir para a redução da poluição ambiental, consumo de ureia e esgotamento do solo, resultando em melhor desempenho das plantas sob estresse e, consequentemente, aumento da produtividade das culturas (DILNASHIN et al., 2020).

Entre os tipos mais estudados de bactérias diazotróficas, o *Azospirillum* se destaca pelos seus efeitos positivos no desenvolvimento radicular, absorção de água e nutrientes, além de realizar a fixação biológica de nitrogênio quando associado a gramíneas (QUATRIN et al., 2019). Aquino et al. (2019) constataram que os isolados de *Bacillus subtilis*, identificados como IPACC26 e IPACC30, tiveram um efeito significativo no acúmulo de nitrogênio em milho e sorgo.

De acordo com Kasim et al. (2013), a presença de Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas (BPCP) pode aumentar a expressão de genes relacionados ao estresse hídrico, promovendo assim a tolerância às condições adversas. Santos et al. (2014) observaram que a presença de BPCP pode aumentar a capacidade das plantas sob restrição hídrica de realizar ajustes osmóticos através do acúmulo de solutos orgânicos, em comparação com plantas não inoculadas.

Em um estudo realizado por Kavamura (2012), foi observado que o milho sob estresse hídrico foi protegido pela linhagem de bactérias *Bacillus* sp (6.2 RZS 3), reduzindo a inibição do crescimento induzida pela seca. Essa proteção pode ser atribuída à produção de exopolissacarídeos, biofilme e ACC deaminase. No entanto, Mondani et al. (2019) ressaltaram que as BPCP podem promover a produção de soja sob estresse hídrico, aumentando a eficiência da fotossíntese e o uso da radiação solar.

2.2.2. *Bacillus aryabattai*

A espécie *Bacillus aryabhattai* foi identificada pela primeira vez em 2009, isolada de criotubos utilizados para coletar amostras de ar da estratosfera da Terra, a uma altitude entre 27 e 41 km (SHIVAJI et al., 2009). Esta bactéria, de gram positivo e formato bastonete, tem a capacidade de formar endósporos e produzir colônias de 5 a 8 mm de diâmetro. Desde então, várias estirpes foram isoladas na rizosfera em diferentes partes do mundo.

A ação promotora de crescimento desta bactéria foi inicialmente relatada em *Xanthium italicum*, na Coreia do Sul (LEE et al., 2012). No Brasil, observou-se que essa bactéria promove o crescimento do milho sob estresse hídrico devido à sua capacidade de formar biofilme e produzir exopolissacarídeos, os quais protegem a planta contra os

efeitos da falta de água (KAVAMURA, 2012). Em estudos mais recentes, Park et al. (2017) demonstraram a promoção do crescimento em plantas de soja em condições de estresse térmico.

O emprego de bactérias pertencentes ao gênero *Bacillus aryabhattai* demonstra a capacidade de atenuar os efeitos do estresse hídrico, além de promover significativamente o crescimento de espécies vegetais, através da produção de osmólitos compatíveis. Esses osmólitos, como a betaína, são pequenas moléculas orgânicas que auxiliam durante períodos de estresse ambiental, juntamente com a formação de biofilmes (EMBRAPA, 2017). Quando colonizam o sistema radicular das plantas sob estresse, essas bactérias produzem substâncias que ajudam a hidratar as raízes (GODINHO et al., 2019).

Compreender o potencial dessas bactérias, encontradas em plantas de clima semiárido, e analisar seu desenvolvimento em resposta ao déficit hídrico, ainda é um desafio, destacando a necessidade de uma atenção especial para a situação hídrica. Um estudo conduzido por May et al. (2019), avaliando diferentes frequências de irrigação no crescimento de mudas de cana-de-açúcar pré-brotadas, constatou uma maior eficiência no uso da água na presença de *Bacillus aryabhattai*, encontrado na rizosfera das plantas inoculadas. Vieira et al. (2021) ao avaliar a associação entre *B. aryabhattai* e organomineral no transplante de mudas de café observou melhorias nas plantas quando submetidas a estresse hídrico.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para realizar este estudo, foi utilizada a metodologia de revisão integrativa da literatura, que consiste em um método amplo, mas criterioso, voltado para identificar a produção científica existente sobre um tema específico (ZUCOLOTTO, 2013). Esse método fornece informações suficientes para responder à questão central da pesquisa: "Quais são os benefícios do *B. aryabhattai* no cultivo do milho, e como ele impacta na mitigação de estresses abióticos?". Para coletar os dados necessários, foi feita uma busca abrangente nos últimos 10 anos, utilizando a base de dados do Google Scholar, nos idiomas português e inglês, desde que fossem de acesso livre.

A análise bibliométrica possibilita uma abordagem quantitativa e objetiva para examinar dados, permitindo a extração de informações específicas de áreas de interesse. Com o uso dos indexadores "*Bacillus aryabhattai*" AND "Milho" foi realizada uma busca por artigos relevantes dentro do campo em foco (MARQUES et al., 2020). Todos os artigos tiveram o seu resumo lido, sendo excluído aqueles que não apresentavam a menção ao *B. aryabhattai* no resumo.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

No total, foram encontrados 39 trabalhos, sendo a maioria dos artigos publicados entre os anos de 2020 e 2024. Deste total, apenas 5 trabalhos abordavam sobre o potencial de *B. aryabhatai* especificamente no milho, sendo 2 artigos, 2 trabalhos de conclusão de curso e 1 capítulo de livro. Deste total, 2 trabalhos abordam o potencial de *B. aryabhatai* na mitigação de estresse hídrico enquanto os demais abordam a sua capacidade de promoção de crescimento.

O *B. aryabhatai* é comumente encontrado no solo, e as pesquisas até agora têm se concentrado principalmente em dois campos: a aplicação na degradação de compostos e a proteção de plantas. Estudos já demonstraram que essa bactéria pode coexistir com plantas, além de estimular seu crescimento, como observado em culturas de milho, arroz e soja, entre outras (XIONG et al., 2018; PARK et al., 2017). Além disso, *B. aryabhatai* pode proteger as plantas contra os efeitos tóxicos de substâncias como arsênio, cobre, chumbo e nitrito (SINGH et al., 2016), além de controlar doenças de plantas (JIANG e HU, 2016).

Xi; Ye (2020) selecionaram a cepa KSB *B. aryabhatai* SK1-7 a partir da rizosfera de árvores de álamo. Os resultados indicaram que essa cepa consegue solubilizar potássio insolúvel e liberar íons de potássio solúveis, promovendo o crescimento do álamo quando aplicada ao solo da rizosfera. No entanto, o mecanismo responsável por essa solubilização de potássio ainda não é completamente compreendido.

A promoção do crescimento das plantas de milho, relacionada a *Bacillus* também é bastante mencionada na literatura. Essa característica pode estar relacionada ao aumento da disponibilização de nutrientes para as plantas, em especial o fósforo, que é um dos nutrientes mais importantes, mas que geralmente está imobilizado e indisponível no solo. Microrganismos como *B. aryabhatai* conseguem atuar sobre formas indisponíveis desse elemento, por meio da produção de diversos tipos de ácidos orgânicos (SHARMA et al., 2013), permitindo um melhor aproveitamento desse nutriente pelas plantas.

O uso de bactérias do gênero *B. aryabhatai* tem sido apontada como uma ferramenta eficiente para mitigar os efeitos do estresse hídrico e promover o crescimento das plantas. Este efeito está relacionado ao fato de estas bactérias serem capazes de estimular a produção de osmólitos compatíveis, pequenas moléculas orgânicas, como a betaina, que auxiliam na adaptação das plantas a condições de estresse ambiental. Além

disso, elas também contribuem para a formação de biofilmes, que desempenham um papel importante na proteção e no desenvolvimento das plantas (Silva, 2023).

Gitti e Rizzato (2019) avaliaram o uso de *B. aryabhatai* em milho durante a 2ª safra de 2018 em Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brasil, e observaram ganhos significativos de produtividade, com um aumento de 29,6% em relação ao controle. Além disso, Sheirdil et al. (2019) verificaram que plantas de trigo inoculadas com *B. aryabhatai* apresentaram produtividades equivalentes à aplicação de 100 kg/ha de nitrogênio (N). Guimarães et al. (2023), ao avaliar o incremento de produtividade de plantas de milho inoculadas com *B. aryabhatai* cepa CMAA 1363, observaram que esta bactéria foi capaz de promover um incremento no comprimento das raízes além de afetar positivamente a produtividade, com resultados semelhantes aos obtidos em plantas inoculadas com uma comercial de *Azospirillum brasilense*.

Sousa et al. (2023) observou que plantas de milho inoculadas com *B. aryabhatai* apresentaram maior altura sob um déficit moderado (75% da ETc), independentemente da qualidade da água utilizada, indicando um efeito benéfico desta condição de estresse. Bactérias da rizosfera demonstram efeitos positivos em diversas culturas, possuindo mecanismos variados que ajudam a mitigar o estresse hídrico, especialmente no fortalecimento da atividade de fitohormônios (ácido abscísico, giberelinas, citocininas e auxinas) (KAVAMURA et al., 2013; BULGARELLI et al., 2013).

No que diz respeito à produção hormonal por *B. aryabhatai*, já foram relatadas a produção de citocininas, giberelinas (SILVA et al., 2019) e auxinas, como o ácido indolacético (AIA). Garcia et al. (2016) e Lyngwi et al. (2016) relacionaram *B. aryabhatai* à produção da enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminase, que previne a produção de etileno e regula o equilíbrio entre etileno e ACC.

O efeito mitigador do estresse hídrico no milho por bactérias do gênero *Bacillus* também foi relatado por Kavamura et al., (2012) em condições de suprimento reduzido de água (30% da capacidade de campo), onde as plantas inoculadas foram cerca de 27,29% mais altas em comparação com plantas não inoculadas. Oliveira et al. (2020) constatou que o regime de irrigação ideal (100%) teve uma influência positiva na altura das plantas de milho em comparação com percentuais menores (50% e 75%).

Sousa et al. (2023) observaram um maior desempenho na produção de massa de espigas com palha em plantas de milho inoculadas com *B. aryabhatai* e irrigadas com 100% de lâmina de água. Conforme Sousa et al. (2023), ao avaliar as respostas fisiológicas de milho inoculado com *B. aryabhatai*, observou-se um aumento na taxa

de fotossíntese na ausência de estresse e elevou a condutância estomática em condições de estresse hídrico. Sob estresse salino, a transpiração foi reduzida quando aplicado um regime hídrico de 50%.

Condições ideais de água contribuem para a pressão de turgor, permitindo que as células das plantas desenvolvam pressão hidrostática interna nas paredes celulares, essencial para a expansão celular; em contrapartida, o déficit hídrico inibe principalmente a expansão das folhas e o crescimento do caule devido à redução dessa pressão (TAIZ et al., 2017). Em contrapartida, o déficit hídrico tende a inibir principalmente a expansão foliar e o crescimento do caule devido à redução dessa pressão (TAIZ et al., 2017).

Algumas cepas de *B. aryabhattai* possuem a capacidade de produzir exopolissacarídeos (EPS) e formar biofilmes (SHULTANA et al., 2020), que auxiliam na manutenção de um microambiente hidratado ao redor do sistema radicular da planta (KAVAMURA et al., 2013). Essas ações em conjunto permitem uma maior tolerância e um melhor desenvolvimento da planta não só em condições de déficit hídrico como também em ambientes de alta salinidade (MEHMOOD et al., 2021).

Ao avaliar os efeitos da salinidade no desenvolvimento de plantas de milho, Sousa et al. (2023) observou que os efeitos nocivos da salinidade sobre a absorção de água e nutrientes resultaram em uma redução do diâmetro do caule; no entanto, esses efeitos foram mitigados com o uso de *B. aryabhattai*. A presença de rizobactérias pode ter reduzido os efeitos osmóticos impostos pelo estresse salino através de mudanças bioquímicas na planta ou na rizosfera, favorecendo a fisiologia das plantas expostas e facilitando a absorção de água (MAY et al., 2021; QIU et al., 2021). A inoculação com PGPBs nas fases iniciais da cultura do milho sob condições de seca aumentou significativamente o diâmetro do caule (LIN et al., 2019).

Em experimentos com milho, Vishnupradeep et al. (2022) relataram uma redução na taxa fotossintética na presença de estresse salino 45 dias após a semeadura. Ao utilizarem bactérias promotoras de crescimento. Esses autores verificaram que as plantas inoculadas mostraram maior capacidade de adaptação ao estresse, apresentando maior condutância estomática em comparação com as plantas não inoculadas. Corroborando esses achados, Mishra et al. (2021) descreveu que bactérias que promovem resistência, induzem um aumento significativo de osmoprotetores em condições de estresse salino, melhorando o potencial hídrico e a condutividade hidráulica, o que impacta positivamente a abertura estomática.

5. CONCLUSÃO

É evidente o potencial de *Bacillus aryabhatai* na promoção do crescimento vegetal e na mitigação de estresses abióticos, especialmente o estresse hídrico, em diversas culturas. A sua capacidade de promover adaptações fisiológicas e bioquímicas que beneficiam a planta, demonstram que essa espécie de *Bacillus* pode ser uma importante ferramenta na cultura do milho, principalmente quando em condições ambientais desfavoráveis.

Esses achados reforçam a importância de bactérias promotoras de crescimento, como o *B. aryabhatai*, para a agricultura sustentável, oferecendo uma alternativa eficaz ao uso de insumos químicos e favorecendo a resiliência dos cultivos agrícolas frente a condições de déficit hídrico e salinidade. No entanto, mais estudos são necessários para elucidar os mecanismos específicos de ação dessa bactéria em condições variadas de solo e clima, bem como para explorar seu potencial em larga escala no campo. Dessa forma, o *B. aryabhatai* mostra-se uma ferramenta promissora para a mitigação de estresses abióticos e a melhoria da produtividade agrícola da cultura do milho.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFZAL, I., SHINWARI, Z. K., SIKANDAR, S., & SHAHZAD, S. Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. **Microbiological research**, v. 221, p. 36-49, 2019.

AHEMAD, MUNEES; KIBRET, MULUGETA. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

BARBANO, M. T., DUARTE, A. P., BRUNINI, O., RECO, P. C., P ATERNIANI, M. E. A. G. Z., & KANTHACK, R. A. D. Temperatura- base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura- florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 9 (2), 261 - 268. 2001.

BARROS, JOSÉ FC; CALADO, JOSÉ G. A cultura do milho. 2014. Disponível em <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>>. Acesso em 15 de março de 2024.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos, Safra 2023/24 6º levantamento. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em 15 de março de 2024.

CROSA, C. F. R., ORTIZ, A. C., & FELIPEZ, W. Germinação e desenvolvimento de sementes de dois híbridos de milho sob estresse hídrico. **Revista Científica Rural**, v. 23, n. 1, p. 110-123, 2021.

CRUZ, I.; BIANCO, R. Manejo de pragas na cultura de milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6.; CONFERÊNCIA NACIONAL DE PÓS-COLHEITA, 2.; SIMPÓSIO EM ARMAZENAGEM DE GRÃOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina. Valorização da produção e conservação de grãos no Mercosul: resumos e palestras. Londrina: FAPEAGRO: IAPAR, 2001. p. 79-112., 2001.

CRUZ, J. C., KARAM, D., MONTEIRO, M. A. R., MAGALHÃES, P. C., & MARCIO ANTONIO RESENDE MONTEIRO, E. M.. **A cultura do milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p.

CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A., ALVARENGA, R. C., GONTIJO NETO, M. M., VIANA, J. H. M., DE OLIVEIRA, M. F., & SANTANA, D. P. Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 42-53, jul./ago. 2006.

CRUZ, L; VALICENTE, F.H.; SANTOS, J.P.; WAQUIL, J. M.; VIANA. P.A. **Manual de identificação de pragas da cultura de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 67p.

DEMÉTRIO, C. S. Capacidade Combinatória de Linhagens de Milho Seleccionadas para Sistema Radicular. 2011. 70p. Tese (Doutorado em Agronomia -Genética e Melhoramento de Plantas) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio deMesquita Filho”, Jaboticabal, 2011.

DENG, C.; DU, X.; HUANG, T.; GUO, Y.; LI, B.; BU, N. The Promotion of Proper Carbon Nitrogen Ratio in the Synthesis of Extracellular Polysaccharide by Nitrogen-fixing Strains WN-F. *Biotechnol. Bull.*, v. 34, p. 194–199, 2018.

DILNASHIN, H., BIRLA, H., HOAT, T. X., SINGH, H. B., SINGH, S. P., & KESWANI, C.. Applications of agriculturally important microorganisms for sustainable crop production. In: **Molecular aspects of plant beneficial microbes in agriculture**. Academic Press, 2020. p. 403-415.

DUARTE, A; KAPPES, C. Alcançando Altas Produtividades no Milho Safrinha. **Informações Agronômicas**, 17, 2023.

FERNANDES, F. T.; BALMER, E. Situação das doenças de milho no Brasil. **Inf. Agropec**, v. 14, n. 165, p. 35-37, 1990.

FERREIRA, E.P.B. et al. Crescimento de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) influenciado pela inoculação com bactérias promotoras de crescimento de plantas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.3, p.655665, 2014.

FIESP. Safra mundial de milho. Portal Fiesp, 2019.

FIGUEIRA, J.M. Bactérias promotoras de crescimento de plantas como atenuantes do déficit hídrico em milho verde. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical), Universidade de Campina Grande, 2021.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Funep. 2007.

GARCIA, T. V.; KNAACK, N.; FIUZA, L. M. Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico na orizicultura. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 82, p. 1–9, 2016.

GITTI, D. C.; RIZZATO, L. A. **Manejo da Nutrição e seus Efeitos na Produtividade do Milho Safrinha. Tecnologia e produção**, 2018.

GODINHO, B., TAVARES, A., LANA, U. D. P., de SOUSA, S. M., OLIVEIRA-PAIVA, C. A., MARRIEL, I., & GOMES, E. Isolamento e potencial uso de bactérias do gênero *Bacillus* na promoção de crescimento de plantas em condições de déficit hídrico. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Embrapa. 2019.

GONÇALVES, D. D. C., ARAÚJO, J., SOUZA, M., COSTA, H., FAVARATO, L., GONÇALVES, SÉRGIO LUIZ, Et al. **Ocorrência de chuvas excessivos na colheita da soja no estado de Mato Grosso, safra 2020/2021**. 2021.

GUIMARÃES FUGA, C. A.; NUNES CAIXETA, G. A.; FERREIRA CAIXETA, C.; SOARES DE MELO, I. Growth promotion in maize (*Zea mays* L.) by *Bacillus aryabhattai* strain CMAA 1363. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 18, n. 3, 2023.

JIANG, C.; HU, Y. A Compound Microbial Fertilizer for Controlling Wheat Take All and its Preparation Method. China. Guangdong: Foshan Yanhui Biology **Science and Technology Co. Ltd.**, 2016.

KASIM, W. A., OSMAN, M. E., OMAR, M. N., ABD EL-DAIM, I. A., BEJAI, S., & MEIJER, J. Control of drought stress in wheat using plant-growth-promoting bacteria. **Journal of plant growth regulation**, v. 32, p. 122-130, 2013.

KAVAMURA, V.N. Bactérias Associadas às Cactáceas da Caatinga: Promoção de crescimento de plantas sob estresse hídrico, ESALQ, 2012. 246p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, SP.

LU, H., QI, X., RAHMAN, S. U., QIAO, D., LI, P., HAN, Y., & ZHAO, Z. . Rice physiological response with *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae* inoculation into soil under reclaimed water–fresh water combined irrigation. **Water**, v. 13, n. 6, p. 773, 2021.

LYNGWI, N. A.; NONGKHLAW, M.; KALITA, D.; JOSHI, S. R. Bioprospecting of plant growth promoting bacilli and related genera prevalent in soils of pristine sacred groves: Biochemical and molecular approach. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–13, 2016.

MARQUES, R. S.; MARTINS, L. O. S.; FERNANDES, F. M.; SILVA, M. S.; FREIRES, F. G. M. Wind Power and Competitiveness: A Bibliometric Analysis. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 30, n. 2, p. 1–37, 2020.

MAY, A.; RAMOS, N. P.; SANTOS, M. D. S. D.; SILVA, E. H. F. M. D.; MELO, I. S. D. **Promoção de crescimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com *Bacillus aryabhattai* em diferentes frequências de irrigação**. EMBRAPA, 2019 Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente.

MAY, A.; SANTOS, M. D. S.; SILVA, E. H. F. M.; VIANA, R. D. S.; VIEIRA JUNIOR, N. A.; RAMOS, N. P.; MELO, I. S. Effect of *Bacillus aryabhattai* on the initial establishment of pre-sprouted seedlings of sugarcane varieties. **Res. Soc. Dev.**, v. 10, p. 1–9, 2021.

MEHMOOD, S.; KHAN, I.; NAWAZ, A.; AZIZ, M.; MAHMOOD, F.; AMIN, B.; HUSSAIN, A.; IQBAL, M. F.; ABBAS, W.; SHAHID, M.; ABBAS, A.; AHMAD, M.; ALI, S.; ABBASI, A. Alleviation of salt stress in wheat seedlings via multifunctional *Bacillus aryabhattai* PM34: An in-vitro study. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 8030, 2021.

MIRANDA, R.A. Uma história de sucesso da civilização: **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MISHRA, P.; MISHRA, J.; ARORA, N. K. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants–Recent developments and prospects: A review. **Microbiol. Res.**, v. 252, p. 126861, 2021.

MONDANI, F., KHANI, K., HONARMAND, S. J., & SAEIDI, M. Evaluating effects of plant growth-promoting rhizobacteria on the radiation use efficiency and yield of soybean (*Glycine max*) under water deficit stress condition. **Agricultural water management**, v. 213, p. 707-713, 2019.

MORAIS, T. P. D. Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em híbridos de milho. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Uberlândia. 2012.

NETO, F. J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Sementes de soja de alta qualidade: a base para altas produtividade. In: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, 5.; FORO DE LA SOJA ASIA, 5., 2011, Rosário. **Anais.Rosario**, 2011. OLIVEIRA, E. J.; MELO, H. C. D. E.; TRINDADE, K. L.; GUEDES, T. D. E. M.; SOUSA, C. M. Morphophysiology and yield of green corn cultivated under different water depths and nitrogen doses in the cerrado conditions of Goiás, Brazil. **Res. Soc. Dev.**, v. 9, e6179108857, 2020.

PAES, M. C. D. Manipulação da composição química do milho na indústria e na saúde humana. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 26.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A LAGARTA-DO-CARTUCHO, *Spodoptera frugiperda*, 2.; SIMPÓSIO SOBRE COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA, 1., 2006, Belo Horizonte, Inovação para sistemas integrados de produção: trabalhos apresentados.[Sete Lagoas]: ABMS, 2006., 2006.

PARK, Y. G.; MUN, B. G.; KANG, S. M.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C. W.; KIM, A. Y.; LEE, S. U.; YUN, B. W.; LEE, I. J. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS One**, v. 12, p. e0173203, 2017.

QIU, Y.; FAN, Y.; CHEN, Y.; HAO, X.; LI, S.; KANG, S. Response of dry matter and water use efficiency of alfalfa to water and salinity stress in arid and semiarid regions of Northwest China. **Agric. Water Manag.**, v. 254, p. 106934, 2021.

QUATRIN, M. P., OLIVO, C. J., SIMONETTI, G. D., BRATZ, V. F., GODOY, G. L. D., & CASAGRANDE, L. G. Response of dual-purpose wheat to nitrogen fertilization and seed inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Ciencia e agrotecnologia**, v. 43, p. e027718, 2019.

RAMAKRISHNA, W. et al. Brown Gold of Marginal Soil: Plant Growth Promoting Bacteria to Overcome Plant Abiotic Stress for Agriculture, Biofuels and Carbon Sequestration. **Science of The Total Environment**, v.711, e135062, 2019.

SANTOS, W., SOBRINHO, J. E., DE MEDEIROS, J. F., DE MOURA, M. S. B., & DA COSTA NUNES, R. L. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014.

SHARMA, S. B.; SAYYED, R. Z.; TRIVEDI, M. H.; GOBBATO, S. Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, v. 2, p. 587, 2013.

SHEIRDIL, R. A.; UL-HASSAN, F.; LATIF, F.; HUSSAIN, S.; YASIR, M. Exploring Potential Soil Bacteria for Sustainable Wheat (*Triticum aestivum* L.) **Production. Sustainability**, 2019.

SHINKAI, A. L. F., YANO, É. H., ROSABONI, V. M., CASAGRANDE, R., SHINKAI, ALF, Yano, É. H., Rosaboni, VM, Casagrande, R., Marques, FLC, & Ribeiro, JA. Características produtivas da soja sobre sistemas integrados de produção do consórcio de gramíneas e leguminosas em modo de colheita do milho. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, 6 (6), 37700-37705. 2020.

SHIVAJI, S.; CHATURVEDI,P.; BEGUM,Z.; PINDI, P.K.; MANORAMA,R.; PADMANABAN, D. A.; SHOUCHE, Y. S.; PAWAR, S.; VAISHAMPAYAN, P.; DUTT, C. B. S.; DATTA, G. N.; MANCHANDA, R. K.; RAO, U. R.; BHARGAVA, P. M.; NARLIKAR, J. V. Janibacter hoylei sp nov., Bacillus isronensis sp nov and Bacillus aryabhatai sp nov., isolated from cryotubes used for collecting air from the upper atmosphere. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 59,p. 2977-2986, 2009.

SILVA, C. DOS S.; DOS SANTOS, J. M. C.; DA SILVA, J. M.; TENÓRIO, F. A.; GUEDES-CELESTINO, E. L. F.; DE CRISTO, C. C. N.; NASCIMENTO, M. S.; MONTALDO, Y. C.; DE OLIVEIRA, J. U. L.; DOS SANTOS, T. M. C. Bioprospecting of endophytic bacteria (Bacillus spp.) from passionfruit (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa) for plant growth promotion. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 8, p. 1369–1374, 2019.

SILVA, D. D., GARCIA, P. D. M., SANTOS, G. D. L., FARIAS, I. M. S. C., PÁDUA, G. D., PEREIRA, P. H. B., ... & CABRAL, A. M. D. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 1-9, 2021.

SILVA, Francisco Barroso da. Uso de regimes hídricos e Bacillus aryabhatai no desempenho agrônomo na cultura do milho verde. 2023.

SILVA, L. E. B., DE SALES SILVA, J. C., DE SOUZA, W. C. L., LIMA, L. L. C., & DOS SANTOS, R. L. V. Desenvolvimento da cultura do milho (Zea mays L.): revisão de literatura. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1636-1657, 2020.

SOUSA, H. C.; GOMES DE SOUSA, G.; DE ARAÚJO VIANA, T. V.; PRUDÊNCIO DE ARAÚJO PEREIRA, A.; NOJOSA LESSA, C. I.; PIRES DE SOUZA, M. V.; BARBOSA DA SILVA, F. D. Bacillus aryabhatai mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological system. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1150, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TURATTO, M. F et al. Potencial de controle de Meloidogyne javanica e Ditylenchus spp. usando Pseudomonas fluorescentes e Bacillus spp. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.49 n.1, p.5458, 2018.

TURATTO, M. F., DOURADO, F. D. S., ZILLI, J. E., & BOTELHO, G. R. Control potential of Meloidogyne javanica and Ditylenchus spp. using fluorescent Pseudomonas and Bacillus spp. **brazilian journal of microbiology**, v. 49, p. 54-59, 2018.

VIEIRA, M. L.; DA CUNHA, A. J.; SOUZA, Silva. D. [ID 82] ORGANOMINERAL ASSOCIADO A BACILLUS ARYABHATTAI COMO ATENUADOR DO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE CAFÉ: Michele Luciene Vieira, Aquiles Júnior da Cunha, Daniela Silva Souza. **Revista Vitae-Educação, Saúde e Meio Ambiente UNICERP**, v. 1, n. 9, 2021.

VOLPATO, L.; COUTINHO, P. H.; CALAZANS, A. F.; LORENZETTI, M.; MIRANDA, G. V.; NETO, R. F. Análise de trilha em milho tropical para eficiência no uso da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7, 2013, Uberlândia. Anais... Uberlândia, 2013.

XI, B.; YE, J. Screening and identification of high efficiency potassium-solubilizing bacteria and their growth-promoting effects on plants. **J. Henan Agric. Sci.**, v. 2, p. 81–88, 2020.

XIONG, Y.; OU, X.; JIA, R.; YU, Z.; XU, Q. Research progress in application of Bacillus aryabhattai. **Biotechnology**, v. 28, p. 302–306, 2018.

YADAV, R. et al, Bacillus subtilis CP4, isolated from native soil in combination with arbuscular mycorrhizal fungi promotes biofortification, yield and metabolite production in wheat under field conditions. **Journal of Applied Microbiology**, v.131, p.339359, 2020.

ZAREI, T. et al. Improving sweet corn (Zea mays L. var saccharata) growth and yield using Pseudomonas fluorescens inoculation under varied watering regimes. **Agricultural Water Management**, v. 226, e105757, 2019.

ZUCOLOTTO, V. Curso de Escrita Científica: **Produção de artigos de alto impacto**. 2013.