



TÓPICOS ESPECIAIS EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA II

Organizadores

Albert Lennon Lima Martins
Weslany Silva Rocha

TÓPICOS ESPECIAIS EM MICROBIOLOGIA AGRÍCOLA II

Organizadores

Albert Lennon Lima Martins
Weslany Silva Rocha

Universidade Federal do Tocantins

Editora da Universidade Federal do Tocantins - EDUFT

Reitor Luís Eduardo Bovolato	Conselho Editorial
Vice-reitor Marcela Leineker Costa	Presidente Ruhena Kelber Abrão Ferreira
Pró-Reitor de Administração e Finanças (PROAD) Carlos Alberto Moreira de Araújo	Membros do Conselho por Área
Pró-Reitor e Avaliação e Planejamento (PROAP) Eduardo Andrea Lemus Erasmo	Ciências Biológicas e da Saúde Ruhena Kelber Abrão Ferreira
Pró-Reitor de Assuntos Estudantis (PROEST) Kherlley Caxias Batista Barbosa	Ciências Humanas, Letras e Artes Fernando José Ludwig
Pró-Reitora de Extensão, Cultura e Assuntos Comunitários - (PROEX) Maria Santana Ferreira dos Santos	Ciências Sociais Aplicadas Ingrid Pereira de Assis
Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas - (PROGEDEP) Micelle Matilde Semiguem Lima Trombini Duarte	Interdisciplinar Wilson Rogério dos Santos
Pró-Reitor de Graduação (PROGRAD) Eduardo José Cezari	
Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESQ) Karylleila dos Santos Andrade	
Pró-Reitor de Tecnologia e Comunicação (PROTIC) Werley Teixeira Reinaldo	



<http://www.abecbrasil.org.br>



Associação Brasileira

das Editoras Universitárias

<http://www.abeu.org.br>

Capa, Projeto gráfico e Diagramação

Leandro Dias de Oliveira

Revisão Linguística

Lígia Felix Parrião Matos

Revisão Técnica

Os autores

DOI: 10.20873/2024140

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins (SISBIB)

Campus Universitário de Palmas

T674 Tópicos especiais em microbiologia agrícola II. / Albert Lennon Lima Martins, Weslany Silva

Rocha (organizadores). – 1. ed. - Palmas, TO: EDUFT, 2024.

106p.

Inclui Bibliografia.

ISBN: 978-65-5390-130-8.

1. Microbiologia agrícola. 2. Sustentabilidade. 3. Segurança alimentar. 4. Agronomia. I.

Martins, Albert Lennon Lima. II. Rocha, Weslany Silva.

CDD 630

Bibliotecária: Roseane da Silva Pires

CRB2 / 1.211

Prefácio

O conhecimento sobre a diversidade de micro-organismos com potencial biotecnológico ainda é incompleto, necessitando de aprofundamento. Assim, ressaltamos a necessidade e a importância no aprofundamento científico explorando e conhecendo o potencial destes micro-organismos. Dentro as linhas de pesquisa de importância e interesse no país temos a Microbiologia Agrícola em destaque, com uma ligação direta com as novas propostas governamentais recentemente criadas através da Leis de Bioinsumos.

O uso de micro-organismos benéficos pode ser uma opção ambientalmente saudável para aumentar a produtividade das culturas e a redução da incidência de doenças. Pois eles são responsáveis por diversas transformações químicas envolvidas no processo de ciclagem de nutrientes para as plantas, envolvidos na promoção do crescimento vegetal e no biocontrole de pragas e doenças.

Nesse intuito, o livro “Tópicos especiais em microbiologia agrícola II” é composto por artigos científicos que abordam assuntos referentes ao potencial de uso destes microrganismos e a atividade deles com abordagem para a Microbiologia Agrícola, apresentados de forma clara e acessível, trazendo benefícios diretos para produtores rurais, pesquisadores, professores e estudantes de graduação e pós-graduação. Os primeiros pela ampliação da possibilidade de uso de produtos biológicos com potencial para culturas estratégicas, em suas propriedades para melhoria da produção e produtividade. Os demais pela oportunidade de fazer e consolidar pesquisas importantes e treinar recursos humanos de nível elevado. Os beneficiários indiretos são a sociedade que terá mais produtos disponíveis no mercado (com preços mais adequados, devido à maior oferta) e, as regiões produtoras agrícolas como um todo pela conservação de seus recursos naturais.

Desta forma, o objetivo principal foi apresentar, de forma categorizada e clara, os estudos desenvolvidos em diversas Instituições de Ensino e Pesquisa no estado do Tocantins. Assim, esperamos que esse livro seja muito útil para todos aqueles que estão ativamente envolvidos nestas linhas de pesquisas no esforço de desenvolver conhecimentos com o uso desta ferramenta, para colher seus benefícios nas diferentes formas de uso na Agropecuária.

Aloísio Freitas Chagas Junior

Apresentação

Apresentamos mais uma obra dedicada aos tópicos especiais em microbiologia agrícola, voltada para a comunidade técnica e os produtores envolvidos no avanço das pesquisas científicas na agricultura.

Este livro é fruto da colaboração de diversos pesquisadores, tanto do setor público quanto do privado, com contribuições valiosas de instituições como a Universidade Federal do Tocantins, Universidade Estadual do Tocantins, Instituto Federal do Tocantins, Centro Universitário Católica do Tocantins, entre outras parceiras.

É importante ressaltar que este segundo volume não se propõe a ser um tratado abrangente sobre microbiologia agrícola, pois nosso objetivo principal é compartilhar informações relevantes para o setor agropecuário sobre a microbiologia agrícola que desempenha um papel crucial para promover a sustentabilidade e a produtividade da agricultura, garantindo a segurança alimentar e contribuindo para a preservação do meio ambiente.

A pesquisa em microbiologia agrícola é essencial para promover a sustentabilidade e a produtividade da agricultura, garantindo a segurança alimentar e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Além de contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias e bioproductos para a agricultura, o qual ainda demanda o emprego de tecnologias mais avançadas para promover mudanças estruturais nas culturas líderes do agronegócio nacional, como soja, milho e feijão, como inoculantes e os biopesticidas, por exemplo. Além do setor produtivo das pastagens em vastas áreas do Brasil.

Ainda assim, cabe aos técnicos e produtores buscar a combinação ideal de métodos de produção para estabelecer cultivos mais eficientes, levando em consideração a diversidade edafoclimática presente em todo o país.

Organizado em sete capítulos, o livro aborda temas importantes, como o papel das bactérias solubilizadoras de fósforo na nutrição e produtividade da soja brasileira, o potencial do *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento da soja no Tocantins, controle de doenças, sustentabilidade agrícola, entre outros assuntos cruciais para o desenvolvimento agrícola.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Os Editores

SUMÁRIO

Capítulo 1

Bactérias Solubilizadoras de Fósforo: Aliadas na Nutrição e Produtividade da Soja Brasileira	9
Resumo.....	9
Introdução	10
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	11
Considerações Finais	18
Referências	19

Capítulo 2

Explorando potencial do <i>Bacillus subtilis</i> como promotor de crescimento da Soja no Tocantins	23
Resumo.....	23
Introdução	24
Material e Métodos.....	25
Obtenção dos isolados	25
Delineamento experimental, inoculação e variáveis analisadas	26
Análise estatísticas	27
Resultados e Discussão.....	27
Conclusão	31
Referências	32

Capítulo 3

Impacto aplicação fontes de fósforo e <i>Bacillus subtilis</i> no crescimento, produtividade do feijão-caupi em safrinha.....	35
Resumo.....	35
Introdução	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	39
Conclusão	43
Referências	44

Capítulo 4

Resposta do milho (<i>Zea mays</i>) inoculado com bactérias solubilizadoras de fosfato	47
Resumo.....	47
Introdução	48
Metodologia	49
Resultados e discussão	50
Cultura do milho.....	50
Importância do milho no agronegócio e economia brasileira.....	51
Fósforo na planta e no solo	52
Fósforo em solos do cerrado	53
Bactérias solubilizadoras de fósforo	54
Considerações Finais	58
Referências	59

Capítulo 5

Respostas do milho segunda safra ao uso de bactérias solubilizadoras de fósforo e fixadoras biológicas de nitrogênio	63
Resumo.....	63
Introdução	64
Material e Métodos.....	65
Resultados e Discussão.....	67
Conclusão	70
Referências	71

Capítulo 6

Pecuária Brasileira: revelando a incidência de fungos em sementes e forrageiras	73
Resumo.....	73
Introdução	74
Metodologia	75
Resultados e Discussão.....	75
Conclusão	82
Referências	83

Capítulo 7

Avanços no controle de doenças fúngicas de plantas forrageiras no Brasil	87
Resumo.....	87
Introdução	88
Metodologia	89
Resultados e Discussão.....	90
Considerações finais.....	99
Referênicas	100

Capítulo 1

Bactérias Solubilizadoras de Fósforo: Aliadas na Nutrição e Produtividade da Soja Brasileira

Edvaldo Terto da Silva Junior^{*1}

Eliane Regina Archangelo²

Maria Eduarda A. Fontes³

Thadeu Teixeira Júnior⁴

Lucas Cunha Borges⁵

Weslany Silva Rocha⁶

Albert Lennon Lima Martins⁷

* Autor para correspondência: edvaldojr2905@gmail.com

Resumo

A cultura da soja é de suma importância para a economia brasileira, o uso de insumos ano a ano se torna mais oneroso para o produtor somado ao fato de que o fósforo é um dos nutrientes mais importantes para a planta, portanto o uso de microrganismos capazes de melhorar o desempenho da planta é bastante investigado. Dentro desse contexto esse trabalho objetivou reunir dados sobre o uso dos solubilizadores de fósforo na cultura da soja Brasileira e os seus possíveis benefícios nesta espécie. Para tanto foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a utilização de filtros de inclusão dos trabalhos e palavras chaves específicas. As informações coletadas foram por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto. A literatura mostrou também que em condições de dosagens com formulações comerciais pode trazer benefícios ao produtor, e consequentemente em sustentabilidade. Por outrora, algumas pesquisas mostraram a inoculação dessas bactérias só tiveram efeito sobre estresse hídrico ou nutricional. Sendo uma revisão de literatura integrativa os objetivos foram alcançados dentro dos limites da literatura e de busca.

Palavras-chave: Inoculação, Solubilização, Microrganismos, *Glycine max*.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) desde sua introdução no Brasil, tornou-se uma commodity muito

1 Ex-acadêmico do Curso de Agronomia, Centro Universitário Católica do TO, Rodovia TO- 050, Loteamento Coqueirinho, Lote 7, CEP: 77020-000, Palmas - TO. Brasil. E-mail: edvaldojr2905@gmail.com

2 Professora do Curso de Tecnologia de Gestão em Agronegócio, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centros, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: elianerarchangelo@gmail.com

3 Acadêmica da FSW - Florida SouthWestern State College, Parkway FSW, 13301, Fort Myers, Flórida. e-mail: meafontes@gmail.com

4 Thadeu Teixeira Júnior, Professor do Curso de Agronomia, Centro Universitário Católica do TO, Rodovia TO- 050, Loteamento Coqueirinho, Lote 7, CEP: 77020-000, Palmas - TO. Brasil. E-mail: thadeupesquisa@gmail.com

5 Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas - TO, Brasil. E-mail: cunha.borges@mail.uft.edu.br

6 Laboratório de Fitoterapia, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas - TO, Brasil. E-mail: weslany.rocha@mail.uft.edu.br

7 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centros, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert.ll@unitins.br

importante para a balança comercial brasileira. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de soja do mundo e, na safra 2023/2024, a safra cobriu 45.235,4 milhões de hectares e produziu 146.521,8 milhões de toneladas, com produtividade média de 3.358 kg ha⁻¹ segundo estimativas da Conab (2024). O Cerrado é a maior produtor de soja do país, respondendo por mais de metade da produção nacional, avançando 16,8 milhões de hectares nos últimos 36 anos (Mapbiomas, 2021).

O Cerrado brasileiro tem propriedades especiais do solo, adiciona muito alumínio e precisa ser corrigido, usa um corretor para neutralizar o alumínio e aumentar o potencial de hidrogênio, que fornece os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas (Alves, 2018).

Os macronutrientes exigidos pelos solos, como o fósforo, tendem a limitar a produção agrícola, devido à sua baixa disponibilidade nos solos utilizados. No entanto, existem formas e meios alternativos para tornar a produção a maior possível. Notavelmente, vários gêneros bacterianos que podem fornecer benefícios às plantas foram encontrados na rizosfera, incluindo bactérias solubilizadoras de fosfato (BSF) neste grupo, e têm sido utilizados como biofertilizantes. Dentre esses gêneros estão as bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* que solubilizam o fósforo que está retido e imobilizado nas partículas do solo, fazendo com que a planta absorva este fósforo e aumentando sua produtividade (Mendes *et al.*, 2022).

O solubilizador de fósforo de maneira comercial é um inoculante que foi posto em prática em diversas regiões brasileiras, muito importante para rentabilidade dos produtores e de grande valor para preservação do meio ambiente. Por ser um insumo biológico que não prejudica o solo, pode ser aplicado diretamente no plantio ou ser misturados nas sementes, trabalho feito a sombra. No entanto, após ser misturado tem que plantar imediatamente ou em um período de 24 h, para evitar o contato do inoculante com adubos químicos que podem comprometer o desempenho do produto (Oliveira *et al.*, 2020).

Diante do exposto o objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão de literatura a respeito do efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura da soja e os seus respectivos benefícios e impactos sobre essa espécie vegetal.

Material e Métodos

Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, realizada a partir de uma análise descritiva, com a técnica de documentação indireta, sendo caracterizada como uma revisão de literatura narrativa.

Os critérios seguidos para a inserção das referências bibliográficas, foram a utilização de trabalhos publicados em dois idiomas: português e inglês, com base de dados de sites e base de dados como a Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Conab, Embrapa, Periódico CAPES, Web of scienses e SCOPUS, no período entre 2000 e 2022, com informações presentes em banco de dados disponíveis na internet e em livros, podendo assim ser encontrado na fonte original na pesquisa.

Os itens definidos a ser inseridos para realização da busca bibliográfica foram: “Bactérias solubilizadoras de fósforo”, “fósforo na soja”, “inoculação de bactérias na soja”, “produção de soja com inoculação

de bactérias”, “impacto de bactérias solubilizadoras de fósforo”, “ação de bactérias solubilizadoras de fósforo da soja”, “benefícios de bactérias solubilizadoras de fósforo na soja”.

Para a seleção dos estudos, utilizou-se os seguintes critérios de inclusão: estudos originais; estudos/artigos completos, estudos experimentais, estudos que tratem diretamente quanto à ação de bactérias solubilizadoras de fósforo na soja. E os seguintes critérios de exclusão: estudos incompletos, resumos, resenhas, artigos disponíveis de forma paga, artigos de revisão de literatura.

Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, onde a escolha dos estudos para compor a fundamentação teórica da pesquisa não necessita o esgotamento de uma fonte de dados, não houve um fluxograma definido referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada.

Com a seleção dos dados, tornou-se possível descrever a importância dos solubilizadores do fósforo na cultura da soja no Brasil. As informações coletadas foram por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto

Resultados e Discussão

A busca dos dados através das bases de dados supracitadas na metodologia conferiu dados importantes para a apresentação da temática. Conforme mencionado, não houve um critério linear para a seleção dos estudos para compor a fundamentação teórica, visto que se trata de uma revisão de literatura narrativa.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é nativa do nordeste da China (entre 45 e 50º de latitude norte), que corresponde ao sul da Patagônia nas Américas e sul dos Estados Unidos e Canadá no hemisfério norte. Há citações, não há evidências históricas suficientes, de que a soja era usada como alimento nos tempos antigos. A literatura não menciona vestígios de leguminosas em nenhum sítio de estudo arqueológico neolítico no norte da China e os principais estudiosos concordam que apenas dados posteriores a 1100 a.C. podem ser aceitos como dados precisos sobre a história da soja, observando que os registros iniciais não são confiáveis (Gazzoni, 2018)

Os avanços na produção mundial de soja, impulsionados principalmente pela demanda mundial por proteína animal, tornaram essa commodity um dos principais negócios das exportações do agronegócio brasileiro, que, segundo estimativas, colocou o Brasil no topo da produção mundial. Pela primeira vez em 2012, ultrapassou os Estados Unidos, que sempre foi o maior produtor. Os três maiores países produtores de oleaginosas do mundo, Brasil, Estados Unidos e Argentina, juntos respondem por mais de 80% da produção global, e esses três países fornecem a principal base para a análise do mercado global de oferta e demanda de grãos (USDA, 2022).

Para Dall Agnol, a importância da soja no Brasil se deu no ano de 2007, em que o país celebrou os 125 anos da introdução da soja em seu território, uma vez que a cultura havia sido amplamente ignorada por cerca de 70 anos (1882/1950). Sua trajetória não tem paralelo na história do país, começando na década de 1960 e em duas décadas tornou-se a cultura dominante do agronegócio brasileiro (Dallagnol, 2007).

De acordo com Mattos (2020) nas últimas três décadas, a soja foi a cultura agrícola que mais cresceu no Brasil, alcançando 49% da área cultivada com grãos e uma produção da ordem de 114 milhões de toneladas, gerando, de forma direta, receita superior a 120 bilhões de reais.

No entanto, a produtividade das culturas depende da disponibilidade de fósforo para a fotossíntese (Veneklaas *et al.*, 2012). Como a maioria dos núcleos das células vegetais contém fósforo, é necessário um fornecimento contínuo desse nutriente para a divisão celular, essencial para a absorção de água e nutrientes do solo (Alves, 2018). Sua importância é grande principalmente no florescimento e na formação de novos ramos, para o desenvolvimento do sistema radicular, maturação dos frutos e germinação das sementes (Efrom e Souza, 2018).

O elemento P é um macronutriente muito importante para as plantas e está diretamente envolvido no metabolismo vegetal, como a fotossíntese, síntese e quebra de carboidratos além da transferência de energia no interior da planta e divisão celular (Zekri, 2016). Assim como o N, o P também participa de muitos processos vitais nas plantas (Beaton *et al.*, 2005).

Este nutriente é importante para o metabolismo das plantas, pois, desempenha papel essencial na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (Grant *et al.*, 2001).

Esse nutriente é também um dos principais macronutrientes limitantes da produtividade das plantas (Sun *et al.*, 2020), sendo, portanto, um elemento-chave na produção de alimentos (Milic *et al.*, 2019). Além disso, a eficiência de fertilização do fertilizante fosfatado é baixa, em que apenas cerca de 10% a 25% do fósforo aplicado ao solo está disponível para as plantas, o restante não está disponível devido à precipitação de alumínio e ferro em solos ácidos (Mendes e Reis Junior, 2003; Baliah, 2016).

É importante notar que este elemento é essencial na formação do DNA e RNA que contém as informações genéticas da planta para produzir proteínas e outros componentes essenciais para a estrutura da planta (Beaton *et al.*, 2018), além de fosfolipídeos das membranas de todos os seres vivos (Buscher *et al.*, 2018)).

Devido à disponibilidade muito limitada de fósforo no solo, fertilizantes solúveis são necessários para garantir o crescimento adequado das plantas (Viruel *et al.*, 2014). No entanto, esses fertilizantes solúveis, além de exigirem grandes quantidades, são caros e o problema é que a maior parte do fósforo solúvel introduzido reage com os componentes do solo para formar compostos que não estão prontamente disponíveis para as plantas (Fernández *et al.*, 2012). Os fenômenos de fixação e precipitação do P são altamente dependentes das condições do solo como pH, umidade, temperatura e minerais já presentes no solo (Walpol e Yoon, 2012).

Tem baixa solubilidade e mobilidade no solo e existe principalmente na forma de ortofosfato derivado do ácido fosfórico. É fornecido principalmente às raízes por processos de difusão, que dependem principalmente da interação com suas partículas, umidade do solo e superfície radicular (Silva *et al.*, 2014), mas a concentração de P na solução do solo é muito baixa, entre 0,1 e 1,0 Kg ha⁻¹ (Furtini Neto *et al.*, 1999).

Sua dinâmica é complexa, principalmente em solos altamente intemperizados, como é o caso de Latossolos na região do Tocantins, esses possuem elevada acidez e grandes concentrações de óxidos e

hidróxidos de Fe e Al, que integram com o P, formando fosfatos de ferro e alumínio, compostos indisponíveis para as plantas (Pinto, 2012). Os solos intemperizados possuem alta capacidade de reter P devido sua eletropositividade que favorece a adsorção do íon fosfato que possui carga negativa no solo (Novais *et al.*, 2007). A absorção do fósforo pelo solo pode ser concebido por 2 processo: decomposição de matéria orgânica de restos culturais de animais ou vegetais, ou ainda pela aquisição em rochas fosfatadas.

O fornecimento de P pode ser encontrado pelas suas principais fontes, tais como o superfosfato simples, superfosfato triplo e fosfatos monoamônicos (Silva *et al.*, 2014). Sua aplicação é destinada a cobrir a diferença que existe entre a exigência da cultura e quantidade que é fornecida pelo solo (Malavolta, 2006). Pelo seu grau de interação com solos oxídricos, isso, ligado à deficiência em grande parte das áreas de plantio no Brasil, faz com que o P seja o elemento mais crítico nas adubações (Raij, 2011).

A eficiência agronômica dos fosfatos depende de vários fatores, como as propriedades químicas e físicas do solo, propriedades do solo, clima e cultura. Portanto, dependendo da origem e reatividade da rocha, bem como das condições edafoclimáticas, a liberação de P presente na rocha fosfática pode ou não ser suficiente em relação ao cultivo (Oliveira Junior, 2007)

Compreender os fenômenos fundamentais da dinâmica do P no solo, entender e compreender a dinâmica da interação do elemento com o solo e suas formas disponíveis para as plantas no ambiente, é a chave para determinar a necessidade de adição e definir a dosagem e padrão de aplicação do P fertilizantes (Raij, 2011). Portanto, esforços devem ser feitos para melhorar a absorção e utilização pelas plantas, o que pode ser alcançado por meio do controle do pH e uso de microrganismos que permitem melhor aproveitamento do P (Inui, 2009).

De acordo com os autores citados na seção anterior, o fósforo tem sua dinâmica bastante influenciada por fatores ambientais devido à ação dos microrganismos no solo, os quais imobilizam e liberam íons ortofosfatos (PO_4^{3-}). Esse nutriente constitui 0,12% da crosta terrestre e as maiores reservas são encontradas em sedimentos marinhos. Existem mais de 200 minerais de fósforo no solo, porém, apenas o grupo das apatitas pode ser absorvido pelas plantas e reciclado. O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro e é tido como a principal região agrícola do país, sendo a soja a principal cultura responsável pela expansão do agronegócio nessa região (Reisdoerfer *et al.*, 2019).

Para uma safra 14/15 na dose máxima de eficiência de 288 kg.ha^{-1} de P_2O_5 , a altura de planta (AP) foi de 79,46 cm enquanto uma dose zero de fertilizante apresentou altura média de planta de 67 cm. Observou-se aumento significativo da produtividade em relação à safra anterior, mesmo quando comparada à dose zero nas duas safras, mostrando que uma fertilização realizada antes da implantação do experimento um alto teor de AP, mas pode ter limitado maiores resultados porque não foi suficiente de acordo com o potencial genético da planta. Na safra 15/16, verificou-se a dose máxima de eficiência de 241 kg.ha^{-1} do fertilizante fosfatado, que proporcionou altura máxima de planta de 95,87 cm. Isso representa um aumento de 32% em relação à dose zero do fertilizante e de 48% quando comparado ao maior AP na safra 13/14 (Leite *et al.*, 2017).

Na teoria de Oliveira (2009) “o fósforo é um elemento essencial para a cultura da soja, e este nutriente em níveis não adequados reflete em todo o desenvolvimento vegetal”, desta forma, na descrição

do autor é correto dizer que a ausência do fósforo a cultura da soja não desenvolve o necessário para ter uma boa produtividade.

O fósforo pode ser encontrado em duas formas, o orgânico (Po) e o inorgânico (Pi). O Po está presente em materiais em decomposição, como restos de vegetais, sendo os microrganismos responsáveis pela decomposição desse material, disponibilizando Pi no solo (Bini e Lopez, 2016).

Dentre os diversos grupos biológicos existentes no solo, os microrganismos endofíticos são geralmente bactérias e fungos dentro das plantas, que existem em galhos, raízes, folhas e vegetais, e não causarão danos significativos ao hospedeiro (planta). Eles obtêm nutrição e proteção das plantas e, em troca, produzem produtos químicos, como antibióticos e enzimas, que às vezes protegem e auxiliam as plantas (Challis e Hapwwod, 2003).

É certo afirmar que os microrganismos presentes no solo (como bactérias e fungos) desempenham um papel fundamental no ciclo natural do P, pois são responsáveis pela hidrólise do fósforo em formas inorgânicas, que podem ser utilizadas nas plantas. Esses processos são mediados por enzimas. Eles são reconhecidos pela capacidade de promover mudanças, os efeitos bioquímicos dos nutrientes e sua importância na produção fornece os nutrientes necessários às plantas, principalmente nitrogênio, fósforo e enxofre, conforme afirma Souto (2020).

Diversos autores afirmam que o manejo do solo e o tipo de vegetação afetam principalmente as formas orgânicas, as quais estão relacionadas com a atividade biológica do solo (Cardoso *et al.*, 2003; Gatiboni *et al.*, 2005). Assim, sistemas capazes de acumular matéria orgânica na superfície do solo, como os sistemas florestais e agroflorestais (Gama-Rodrigues *et al.*, 2007), aumentam a disponibilidade de P em solução, pois com a degradação da MOS ocorre a liberação de ácidos orgânicos que podem reagir com os óxidos, bloqueando sítios de adsorção (Havlin *et al.*, 2005).

No entanto, outro pesquisador ainda afirma que; outro tipo de vantagem do uso destes microrganismos como inoculantes, além da solubilização da rocha, é a capacidade de também disponibilizar o fósforo complexado a Ca, Fe e Al no solo, principalmente pela liberação de ácidos orgânicos (Oliveira *et al.*, 2009), além de mineralizar o fósforo orgânico do solo e resíduos orgânicos liberando enzimas fosfatases (Souto, 2020).

Obviamente, a interação entre plantas e microrganismos é complexa e quase ilimitada, o que tem se mostrado difícil de controlar. Infelizmente, devido à natureza duvidosa de alguns dos experimentos realizados, a maioria dos resultados obtidos, especialmente neste campo, são contraditórios. Portanto, o desafio ainda existe, portanto, desta forma, a exploração de processos microbianos é propícia para melhorar a mobilização do fósforo (Mendes e Reis Junior, 2003).

Nos últimos anos, tem aumentado o uso de microrganismos endofíticos, a maioria dos quais são produtos naturais com atividade microbiana. Eles competem por bactérias endofíticas para sobreviver no ambiente. Neste caso, é crucial para o ambiente onde vários microrganismos competem por espaço e nutrientes (Abreu, 2014).

De acordo com Alves *et al.* (2002), a inoculação de microrganismos solubilizadores provoca um efei-

to positivo no teor de fósforo da parte aérea de plantas perenes, e isso significa que há absorção facilitada de P lábil do solo na presença dos microrganismos. Desse modo os autores verificaram que existem microrganismos aptos para serem utilizados na tecnologia de produção de inoculantes para o agronegócio.

Esses microrganismos são importantes e úteis para a agricultura devido ao seu potencial para pesticidas e transportadores (vetores) genéticos. Além disso, eles desempenham um papel importante na manutenção da sobrevivência do hospedeiro. Seu uso também está relacionado à capacidade de produzir moléculas biologicamente ativas, como toxinas, antibióticos e compostos de importância biotecnológica (Abreu, 2014).

Além disso, em conformidade com Batista *et al.* (2016) e Diniz *et al.* (2016) a associação de microrganismos solubilizadores aos fertilizantes pode aumentar de forma gradativa e ao longo do tempo, a atividade enzimática microbiana e a ciclagem de nutrientes no solo. Isto aponta que há efeito residual do P e a catalisação de sua liberação através dos microrganismos.

Mattos (2020) destaca que no Brasil, o uso de Bactérias Solubilizadoras de Fósforo (B.S.P.) para suprimir a demanda de fósforo pelas plantas é ainda incipiente na cultura da soja. Países como Argentina, Canadá, África do Sul, Índia, Austrália, Filipinas e EUA vêm investindo na linha de inoculantes, visando reduzir o uso indiscriminado de adubos fosfatados. Recentemente a EMBRAPA, em parceria com a iniciativa privada, desenvolveu um inoculante a partir de duas cepas das bactérias testando em pesquisas na cultura da soja com o uso *Bacillus subtilis* (B 2084) e *Bacillus megaterium* (B119), dando origem ao produto BiomaPhos®. A implementação desta nova contribui para o cumprimento da meta da tecnologia, que mostrou resultados promissores em que aumentou a produtividade e a produção, além de contribuir com os ecossistemas, fortalecendo a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, condições climáticas adversas e extremas, secas, inundações e outros desastres que interferem gradativamente a qualidade da terra e do solo.

Uma das primeiras tecnologias para o processo de solubilização fosfatada no Brasil é o BiomaPhos, que é um inoculante líquido indicado para tratamento de sementes e aplicação por jato no sulco. Ao usar o BiomaPhos, ele inicialmente se combina com as plantas para formar raízes. As bactérias presentes no produto colonizam e se multiplicam na rizosfera da planta. Durante este processo, as cepas BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*) começaram a produzir uma variedade de ácidos orgânicos (EMBRAPA, 2022).

Os produtos desenvolvidos pelos parceiros público-privados Bioma e Embrapa mostraram pela primeira vez ao mercado brasileiro um inoculante fabricado inteiramente com tecnologia nacional. Este produto alia produtividade biológica e sustentabilidade, é feito a partir de duas bactérias estudadas pela Embrapa, uma do solo e outra do milho, e pode prolongar a absorção de fósforo pelas plantas. Esses inoculantes têm baixo custo após a produção, não causam danos ao meio ambiente e podem ser usados como complemento de fertilizantes (EMBRAPA, 2022).

De acordo com Abreu (2019), bactérias ambientais se combinam com as raízes das plantas para converter o fósforo orgânico em fósforo inorgânico, que existe no solo pela secreção de enzimas extrace-

lulares chamadas fosfatase. De modo geral, as plantas não têm capacidade de absorver fontes de P diretamente do solo, então as fosfatases têm como objetivo mineralizar o P, que é a principal forma de fósforo no solo.

A adição de inoculantes também pode estender a ciclagem dos nutrientes e aumentar a liberação de fósforo na matéria orgânica, enriquecendo o solo de forma biológica. Contudo eles apresentam mecanismos para aceleração no crescimento dos vegetais. Em pesquisas realizadas pela Embrapa aponta-se que existe um estoque de fósforo de valor muito alto nos solos, mas se encontram inertes por isso não tem capacidade de serem usados pelas plantas. Uma vantagem diferenciada é a estabilidade do inoculante por conta da sua formação de esporos quando se trata das bactérias escolhidas, e isso permite uma melhor adequação a condições extremas, como temperaturas, pH ou exposição a pesticidas (Viana, 2019).

Em pesquisas de Mattos (2020), a agricultura moderna e sustentável preconiza o uso de microrganismos capazes que estabeleceram simbioses com plantas e supriram, pelo menos em parte, as exigências nutricionais da soja. Os microrganismos capazes de melhorar a disponibilidade de P às plantas tornam-se aliados nesse processo, uma vez que a disponibilidade de P está relacionada com processos de mineralização, geralmente atrelado a processos enzimáticos, como a atuação de fosfatases e fitases, e da solubilização de fosfatos por ácidos orgânicos.

Com um benefício direto dos microrganismos promotores de crescimento de plantas diz respeito ao segundo elemento mais exigido pelos vegetais, o fósforo que está relacionado ao armazenamento e transferência de energia na planta, na forma de ATP. Apesar de o solo apresentar grande reserva de fósforo, a maior parte está na forma insolúvel, uma vez que está associado ao fosfato de alumínio e de ferro em solos ácidos ou a fosfatos de cálcio em solos alcalinos, que não pode ser absorvida pelas plantas, limitando seu crescimento. A maior reserva de fósforo são as rochas primárias, formadas durante a era geológica (Milani, 2017).

O fósforo é absorvido pelas plantas preferencialmente na forma iônica monovalente ($H_2PO_4^-$), que é absorvido pelas raízes e rapidamente incorporado aos açúcares. O número de sistemas de absorção de P encontrados nas plantas é questionável, mas hoje é mais aceito a existência de dois sistemas, um de alta afinidade que é ativado sob condições de baixa disponibilidade de P, e outro com baixa afinidade. Evidências apontam que a concentração de fósforo no vacúolo celular, assim como a concentração de P no meio externo, contribui para ativar mecanismos de regulação gênica dos transportadores de alta e baixa afinidade (Dalcin, 2008).

Estudos mostram que a inoculação de bactérias associada à adubação fosfatada proporciona um melhor desenvolvimento da planta. A inoculação em conjunto de *Herbaspirillum seropedicae* (HIII 206) e *Burkholderia* sp. (UENF 114111), combinada com aplicação de fosfato de rocha, melhorou significativamente a altura, número de folhas e matéria seca de parte aérea do milho (Baldotto *et al.*, 2012).

Inagaki *et al.* (2014) verificaram que a adubação com superfosfato simples, associada a inoculação de milho com *A. brasiliense* e *H. Seropedicae* após 21 dias de cultivo, resultou em uma maior altura da planta comparado ao tratamento controle, divergindo do encontrado neste trabalho; no entanto, a fonte

de fósforo utilizada neste estudo não foi a fluorapatita.

A fertilidade do solo de regiões tropicais, especialmente em regiões de Cerrado, fica, de forma substancial, limitada mediante à baixa disponibilidade natural de P, visto que a deficiência desse elemento no solo provoca alterações no metabolismo das plantas e pode prejudicar o fluxo de energia e a produção de carboidratos, o que por consequência gera perdas de produtividade ou até mesmo a inviabilidade da safra (Abreu *et al.*, 2016).

Os microrganismos são reconhecidos por suas habilidades em promover transformações bioquímicas dos nutrientes e por sua importância em prover vários elementos nutritivos de interesse das plantas. Microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP) estão sendo utilizados como alternativa para aperfeiçoar a eficiência na utilização de P no solo disponibilizando-o para as plantas, através do fluxo de P pela biomassa microbiana, pela solubilização do P inorgânico, pela mineralização do P orgânico, pela atividade enzimática de fosfatases, entre outros mecanismos (Campos *et al.*, 2016).

Na safra de soja de 16/17, o maior acúmulo de fósforo ocorreu quando cultivada na sucessão sorgo-soja, com 27,3 kg.ha⁻¹ de P acumulado, seguido pelo pousio/escarificação com 24,3 kg.ha⁻¹ de P acumulado. Ramos *et al.* (2010), avaliando a influência do cultivo prévio de forrageiras na produtividade da soja em um Cambissolo, observaram maior acúmulo de P na soja cultivada em sucessão ao sorgo com maior produção em relação à sucessão pousio/escarificação-soja. Os resultados de acúmulo de P no cultivo da soja na safra 16/17 demonstram, em geral, alta eficiência dos sistemas de sucessão de cultura em relação à absorção de P pela soja (Leite, 2019).

Em trabalhos de Mattos (2020) objetivando avaliar a influência do uso de um inoculante com B.S.P. via solo na nutrição de plantas de soja e trigo observaram que para a altura de planta as doses não se diferiram estatisticamente até mesmo da testemunha. Porém é possível observar um crescimento na altura das plantas com a associação do inoculante nas diferentes doses sendo na menor (30 kg.ha⁻¹) 62,1 cm e na maior (120 kg.ha⁻¹) 71,4 cm o que representa um aumento de 9,3 cm. Em pesquisa feita por Silva Júnior *et al.* (2017) no estado do Goiás, houve efeito aumento na altura das plantas de soja em relação doses de P₂O₅. Para Garcia *et al.* (2007) a altura ideal para a colheita da soja varia entre 50 e 120 cm.

A falta do efeito do inoculante com B.S.P. pode ter sido estimulada pela dosagem aplicada, porém Oliveira *et al.* (2020) afirma que a aplicação do inoculante comercial Biomaphos na dose de 100 Ml.ha⁻¹ na semente trouxe efeitos positivos na cultura da soja, onde houve um ganho médio de produção de 6,3%. Entretanto Dominghetti *et al.* (2014) verificaram efeitos satisfatórios em doses crescentes que evidencia o incremento de produtividade em função da disponibilidade de fósforo.

Ainda sobre os efeitos do inoculante Rocha *et al.* (2018) relatam que o efeito dos microrganismos e substâncias promotoras de crescimento é mais proeminente em condições ambientais adversas e restritas, principalmente sobre estresse hídrico e nutricional.

Considerações Finais

Após revisão da literatura, podem ser observadas tendências recentes em tecnologia e pesquisas visando os benefícios das modalidades de manejo microbiano e biológico. Isso se deve à conscientização da comunidade produtora e à cadeia de transferência de tecnologia aos produtores.

Assim, bactérias solubilizadoras de fósforo na literatura se mostraram um tema recente, discutido e estudado por diversos autores. Mostra também que, em condições de dosagem em formulações comerciais, pode trazer benefícios aos produtores, aumentando assim sua lucratividade. Pode-se concluir também que alguns estudos têm demonstrado que na cultura da soja se manifesta principalmente nos componentes de comprimento de raiz e altura de planta, que melhoraram a produtividade e capacidade de inoculação da rizosfera, respectivamente, e a mecanização da altura da plataforma de colheita. Contudo, alguns estudos mostraram que a inoculação com essas bactérias afeta apenas sob condições de estresse hídrico ou nutricional e, em condições ideais, elas não interferem nos componentes da produção mesmo em doses crescentes.

Sugere-se que para trabalhos futuros, sejam desenvolvidas pesquisas focadas em apresentar o efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo na soja divididos por região e apontando a diferença entre cultívares. Além disso, sugere-se que sejam feitas pesquisas combinando o efeito dessas bactérias com outros insumos utilizados na soja, para identificação se os mesmos são compatíveis.

Referências

- ABREU, C. S. (2014). **Seleção e caracterização de bactérias endofíticas isoladas de plantas de milho com potencial para a bioassolubilização de rochas fosfáticas**. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas-MG.
- ABREU, C. S. (2019). **Seleção de estirpes bacterianas rizosféricas e não rizosféricas com potencial para bioassolubilização de fosfato e produção de inoculantes visando aumento do crescimento e nutrição do milho**. Tese de Doutorado em Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- ABREU, C. S. DE; CAMPOS, M. D. S.; DE OLIVEIRA, R. S.; MARINS, M. S.; GOMES, E. A.; STOIANOFF, M. D. R.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A. **Efeito da adubação fosfatada sobre a população de micro-organismos solubilizadores e mineralizadores de fósforo isolados em rizosfera de milho**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016.
- ALVES, L.; MENDOZA, E. A.; SILVA FILHO, G. N. **Microrganismos solubilizadores de fosfatos e o crescimento de pinus e eucalipto**. Revista brasileira de ciência do solo, v. 26, p. 939-947, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400011>
- ALVES, V. S. B. **Eficiência de genótipos de soja no uso do fósforo**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.781>
- BALDOTTO, L. E. B.; SILVA JR, L. G.; CANELLAS, L. P.; OLIVARES, F. L.; BALDOTTO, M. A. **Initial growth of maize in response to application of rock phosphate, vermicompost and endophytic bacteria**. Revista Ceres, v. 59, p. 262-270, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000200016>
- BATISTA, F. C.; CAMILO, B. G.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; SANTOS, F. C.; MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C. A. (2016). **Atividade microbiana do solo em cultivo de milheto adubado com fertilizantes organominerais enriquecidos com microrganismos e submetidos a diferentes temperaturas de secagem**. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 32; Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 16; Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 14; Reunião Brasileira de Biologia do Solo, 11, Goiânia, Rumo aos novos desafios: [Anais]., Viçosa – MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Fertbio.
- BEATON, JAMES D. *et al.* Phosphorus. **Soil Fertility and Fertilizers**: an introduction to nutrient management. 7. ed. 2005.
- BINI, D.; LOPES, M. V. (2016). **Transformação microbiana do P**. In: Microbiologia do solo. Piracicaba, 149-163.
- CAMPOS, M. da S.; OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E. **Isolamento e caracterização macromorfológica de microrganismos solubilizadores de fósforo presentes na rizosfera de milho**. 2016.
- CARDOSO I.; JANSSEN B.; OENEMA O.; KUYPER T. **Phosphorus pools in oxisols under shaded and unshaded coffee systems on farmers' fields in Brazil**. Agroforestry Systems, 58(1), 55-64, 2003.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Safra 2023/204. abr. 2024.
- COSTA, A.S.V. da. **O fósforo no sistema soloplanta**. Governador Valadares: Univale, 2007. 63 p.

CHALLIS, G. L.; HOPWOOD, D. A. **Synergy and contingency as driving forces for the evolution of multiple secondary metabolite production by *Streptomyces* species.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 100, n. suppl_2, p. 14555-14561, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1934677100>

DALCIN, G. **Seleção de microrganismos promotores da disponibilidade de nutrientes contidos em rochas, produtos e rejeitos de mineração.** 2008.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; DE OLIVEIRA, A. B. **O complexo agroindustrial da soja brasileira.** 2007.

DINIZ, G.; PINHO, J. M. R.; DOS SANTOS, F. C.; GOMES, E. A.; MARRIEL, I. E.; e OLIVEIRA-PAIVA, C. A. **Avaliação da atividade enzimática em cultivo de milheto adubado com fertilizantes organominerais.** 2016.

DOMINGHETTI, A. W.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; SILVA, D. R. G.; CARVALHO, J. P. S.; PEREIRA, V. A. **Doses de fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro.** Revista brasileira engenharia agrícola ambiental. v.18, n.12, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1235-1240>

EMBRAPA, 2022. **Primeiro inoculante solubilizador de fósforo produzido no Brasil aumenta produtividade de soja e milho.** Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/71715588/primeiro-inoculante-solubilizador-de-fosforo-produzido-no-brasil-aumenta-produtividade-de-soja-e-milho?p_auth=TkoeMUvw&fbclid=IwY2xjawIHG1JleHRuA2FbQlxMAABHTN_CEmhCaAF49EF52rWeb-FiSyPKpmv2xUe-iSg69H7-DjeKBI7cW0Rivw_aem_oHn0A02q2rGLfXgkmgOWNg. Acesso 29/01/2024

EFROM, C. F. S.; SOUZA, P. V. D. DE. **Citricultura do Rio Grande do Sul:** indicações técnicas. Secretaria da Agricultura, pecuária e irrigaçãoSEAPI; DDPA. Porto Alegre, 2018.

FERNÁNDEZ, L.; AGARAS, B.; ZALBA, P.; WALL, L. G.; VALVERDE, C. **Pseudomonas spp. isolates with high phosphate-mobilizing potential and root colonization properties from agricultural bulk soils under no-till management.** Biology and fertility of soils, v. 48, p. 763-773, 2012. <https://doi.org/10.5897/AJMR12.889>

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. **Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda.** Cerne, Lavras, v.5, n.2, p.01-12, 1999.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I.; PORTUGAL, F. A. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas.** 2007.

GAZZONI, D. L. **A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas.** Ciência e Cultura, v. 70, n. 3, p. 16–18, 1 jul. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000300005>

GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, A.F.C.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J.; LIMA, M.A.S. (2005) **Phosphorus forms and availability assessed by³¹PNMR in successively cropped soil.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36, 2625-2640.

GAMA-RODRIGUES A.C.; BARROS N.F.; COMERFORD N.B. (2007) **Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in southeastern Bahia, Brazil.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31, 287-298.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Potafós, Piracicaba, nº 95, p. 1-5, 2001.

HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. (2005) **Soil fertility and fertilizers.** 7. ed. New Jersey: Person Prentice Hall, 515 p.

INAGAKI, A. M.; GUIMARÃES, V. F.; RODRIGUES, L. F.O. S.; SILVA, M.B.; DIAMANTE, M. S. I.; RAMPIM, L.; JEUNIOR, J. E. B. D. **Phosphorus fertilization associated to inoculation of maize with diazotrophic bacteria.** African journal of agricultural research, v. 9, n. 48, p. 3480-3487, 2014.

INIU, R. N. (2009). **Isolamento e identificação de bactérias solubilizadoras de fosforo e produtoras de auxinas em solo com cana-de-açúcar.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinarias, Jaboticabal.

LEITE, R. C; CARNEIRO, J. S. S; DE FREITAS, G. A; CASALI, M. E; DA SILVA, R. R. **Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira.** Scientia Agraria, v. 18, n. 4, p. 28-35, 2017.

MATTOS, J. V. **Efeito de bioestimulante via solo na nutrição e no rendimento de grãos de soja e trigo.** 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2021.

MALAVOLTA, E. (2006). **Manual de nutrição mineral de plantas.** Livro ceres, 2006. 638p.

MILIC', S.; Ninkov, J.; Zeremski, T.; Latković, D.; Šeremešić, S.; Radovanović, V.; Žarković, B. **Soil fertility and phosphorus fractions in a calcareous chernozem after a long-term field experiment.** Geoderma, v.339, p.9-19, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.12.017>

MENDES, I.C.; DOS REIS JÚNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica.** 2003.

MENDES, W. D.; MANDUCA SOBRINHO, C. A.; MARTINS, W. S.; MURAISHI, C. T.; SOUZA, M. P.; ADAMS, G. S.; SILVA, I. M.; OLIVEIRA, A. G.; PEREIRA, D. D.; CARVALHO, L. C. **Efeito de bactérias solubilizadores de fósforo na cultura da soja no Brasil:** revisão de literatura. Research, Society and Development, v. 11, n. 16, 2022.

MILANI, R. M. **Diversidade de bactérias epífitas e endofíticas da cultura do milho.** 2017. Dissertação de Mestrado em Microbiologia Agropécuária, Universidade Estadual de São Paulo, Jacoticabal – SP.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. **Relação solo-planta.** In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.133-204.

OLIVEIRA JUNIOR, A. **Eficiência agronômica de fosfatos de rocha, utilizados isoladamente ou associados ao superfosfato triplo, para a cultura da soja.** 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.11606/T.11.2008.tde-14022008-152114>

OLIVEIRA, C. A.; ALVES, V. M. C.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SCOTTI, M.R.; CARNEIRO, N. P.; SÁ, N. M. H. **Phosphate solubilizing microorganisms isolated from rhizosphere of maize cultivated in an oxisol of the Brazilian Cerrado Biome.** Soil Biology and Biochemistry, v. 41, n. 9, p. 1782-1787, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.01.012>

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; DE SOUSA, S. M.; LANA, U. D. P.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja.** 2020.

PINTO, F. A. (2012). **Sorção e dessorção de fósforo em solos de Cerrado.** Dissertação de Mestrado, Jataí – GO.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p

REISDOERFER, C. E. C.; AIOLFI, R. B.; SALOMÃO, H. M.; SUCHORONCZEK, A.; BONETTI, R. A. (2019). **Influência da adubação fosfatada e correção da acidez na produtividade da soja em solo argiloso**. VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo, Ponta Grossa.

ROCHA, W. S.; SANTOS, M. M. DOS; COLONIA, B. S. O.; CHAGAS JÚNIOR, A. F. **The ability of rhizobacteria to solubilize phosphate and synthesize of indoleacetic acid in cowpea**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.13, n. 1, p. 116-121, 2018.

SILVA, D. S. N. da. **Nutrição mineral do Baru (Dipteryx alata Vogel) em solução nutritiva; calagem e adubação fosfatada no campo**. 2014. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/bitstream/1/4231/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Nutri%C3%A7%C3%A3o%20mineral%20do%20Baru%20%28Dipteryx%20alata%20Vo gel%29%20em%20solu%C3%A7%C3%A3o%20nutritiva%3B%20calagem%20e%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20fosfatada%20no%20campo.pdf. Acesso em: 30 mar. 2020.

SOUTO, L. A. **Microrganismos solubilizadores de fosfato**: usos e potencialidades na agricultura. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

SUN, H.; WU, Y.; ZHOU, J.; BING, H.; CHEN, Y.; LI, N. **Labile fractions of soil nutrients shape the distribution of bacterial communities towards phosphorus recycling systems over elevation gradients in Gongga Mountain, SW China**. European Journal of Soil Biology, v.98, e103185, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2020.103185>

USDA - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. (2022). **Relatório World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE) 2022**.

VENEKLAAS, E. J.; LAMBERS, H; BRAGG, J.; FINNEGAN, P. M.; LOVELOCK, C.E.; PLAXTON, W.C.; RAVEN, J. A. **Oportunidades para melhorar a eficiência do uso de fósforo em plantas cultivadas**. Novo fitólogo, v. 195, n. 2, pág. 306-320, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04190.x>

WALPOLA, B; YOON, M. H. **Prospectus of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus availability in agricultural soils: A review**. African Journal of Microbiology Research, v. 6, n. 37, p. 6600-6605, 2012.

ZEKRI, M. **The Critical Importance of Citrus Tree Nutrition**. United States of America, ago. 2016, AgNet Media.

Capítulo 2

Explorando o potencial do *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento da Soja no Tocantins

Millena Barreira Lopes*¹

Albert Lennon Lima Martins²

Lillian França Borges Chagas³

Gabriel Soares Nóbrega⁴

Ana Licia Ferreira Leão⁵

Aloísio Freitas Chagas Junior⁶

* Autor para correspondência: milena.barreira.lopes@gmail.com

Resumo

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas do mundo. Essa conquista é consequência de diversos fatores como os avanços tecnológicos e as características relacionadas ao solo, clima, relevo, entre outros. A soja (*Glycine max* (L.)) é uma das principais culturas do Brasil, possuindo aproximadamente 41 milhões de hectares plantados em 2022, representando 47% da área total plantada no país. O uso de bactérias que promovem o crescimento vegetal está se tornando uma das ferramentas mais decisivas na agricultura mundial, sendo considerado uma das soluções para o combate ao uso excessivo de insumos químicos. Dentre os diversos grupos de rizobactérias, o gênero *Bacillus* se destaca por possuir uma série de espécies de relevância agrícola que apresentam efeitos benéficos para as plantas. Diante disso, objetivou-se avaliar a capacidade de estírpes selecionados do Ecótono Cerrado-Amazônia de *Bacillus subtilis* em promover o crescimento de plantas de soja em casa de vegetação. O trabalho foi realizado na casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Tocantins em Gurupi-TO - UFT/PPGPV. Este trabalho foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo quatro tratamentos com oito repetições cada. Os tratamentos incluíram três inoculantes à base de *Bacillus subtilis* e um controle. As avaliações foram realizadas aos 45 dias após a emergência (DAE). Foram obtidos a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), número de nós (NN) e altura da planta (AP). Além desses parâmetros, também foi analisada a eficiência relativa da matéria seca da planta. A partir dos dados apresentados, observou-se que o uso de inoculantes à base de *Bacillus subtilis* na cultura da soja promoveu um crescimento significativo no desenvolvimento de MSPA, MSR e MST. Com relação à eficiência relativa (ER) da massa seca, a análise mostrou que os tratamentos inoculados com *Bacillus subtilis* UFT-Bs10, UFT-Bs08 e o produto comercial foram estatisticamente superiores ($p \leq 0,05$)

1 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: milena.barreira.lopes@gmail.com

2 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03, centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert.ll@unitins.br

3 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: lillianfbc@mail.uft.edu.br

4 Pós graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: nobregaagr@outlook.com

5 Pós graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: licia.leao@mail.uft.edu.br

6 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: chagasjraf@mail.uft.edu.br

ao controle. Portanto, conclui-se que as cepas selecionadas do Ecótono Cerrado-Amazônia de *Bacillus subtilis* foram capazes de promover o crescimento da soja, promovendo o aumento da biomassa vegetal, apresentando maiores eficiências em parâmetros como altura da planta, volume radicular, número de nós, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e total.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.), Promotor de crescimento, Biomassa, Rizobactéria.

Introdução

O Brasil é responsável por uma das maiores produções agropecuárias do mundo. Isso se deve tanto às características edafoclimáticas do país, quanto à modernização da atividade rural e ao uso de tecnologias avançadas. Mas, ainda que se utilize a alta tecnificação na agricultura, as perdas, em razão das doenças e ataque de pragas, são grandes, levando à utilização desenfreada de produtos químicos, ocasionando inúmeros problemas ao meio ambiente e para o homem (Praça *et al.*, 2009).

O Cerrado apresenta aproximadamente 42% da área utilizada pela agricultura brasileira, sendo que, entre os anos de 1985 e 2020 o crescimento da área utilizada na agricultura no cerrado foi de 464%, além disso, metade da área ocupada pela soja está localizada no Cerrado, onde, nos últimos 36 anos, ela expandiu 16,8 milhões de hectares (MAPBIOMAS, 2021). O cerrado é um dos biomas mais estudados no país, pois está em crescente expansão devido à agricultura, possuindo a maior área dedicada à atividade, porém é uma das regiões mais frágeis às alterações pluviométricas e de grande risco climático.

A soja (*Glycine max* (L.)) é uma das principais culturas do Brasil e passou a ocupar cerca de 41 milhões de hectares em 2022, o que corresponde a 47% da área total de produção do país (IBGE, 2022). O elevado crescimento da cultura no Brasil pode ser atribuído a diversos fatores como a estruturação e desenvolvimento do mercado, tanto interno quanto externo; o estabelecimento da cultura e dos seus subprodutos como fontes essenciais de proteína vegetal, seja na alimentação animal ou humana; e ao aperfeiçoamento e oferta de tecnologias que possibilitaram a expansão da soja para novas áreas. Com o crescimento das áreas de cultivo da cultura houve um avanço nas técnicas de semeadura e processos de mecanização, ao mesmo tempo surgiram as cooperativas, agroindústrias e infraestrutura nos entornos das áreas de produção (Sediyama *et al.*, 2009).

Com a expansão da área de cultivo da soja para todo o país ocorreu uma evolução nos processos de mecanização e técnicas de semeadura, juntamente ao surgimento de agroindústrias e cooperativas.

Na agricultura, os microrganismos do solo são de extrema importância, eles são responsáveis por diferentes alterações químicas envolvidas no sistema de ciclagem dos nutrientes das plantas, apresentando como exemplos os microrganismos desnitritificantes, amonificantes e os fixadores de nitrogênio (Sottero, 2003). Estes microrganismos possuem um abrangente poder de ação no desenvolvimento das plantas, dentre eles estão os efeitos benéficos na germinação das sementes, emergência de plântulas, crescimento e produtividade de grãos (Lima, 2010).

O uso de bactérias atuantes na promoção de crescimento de plantas, se tornará, certamente, uma das ferramentas mais determinantes para a agricultura mundial. Este fato se deve à necessidade na redução de custos e da utilização de defensivos químicos, decorrente da exigência de uma agricultura cada vez mais sustentável. Os inoculantes a base de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) são produtos de baixo custo, se tornando uma opção para reduzir os riscos ambientais provocados pelo uso indevido e excessivo de insumos químicos, visto que esses produtos visam o aumento da produção agrícola e diminuição dos custos para o produtor, tornando o produto mais diversificado e atrativo (Coelhho *et al.*, 2007).

Entre os diversos grupos de rizobactérias, o gênero *Bacillus* tem se sobressaído por possuir algumas espécies de relevância agrícola, que apresentam efeitos favoráveis às plantas (Araujo e Pedroso, 2013). Estas espécies expressam bons resultados sobre a nodulação das leguminosas, agindo no aumento da produtividade dessas culturas e exercendo o controle biológico, especialmente quando ligado a outras técnicas de manejo. Estas bactérias do gênero *Bacillus* atuam de forma positiva na germinação, no crescimento e na produtividade das plantas de importância agrícola em razão, também, da capacidade de produzir substâncias que promovam o desenvolvimento e a melhoria na nutrição dessas culturas, essencialmente pela solubilização de fósforo (Lima, 2010).

Procurando maneiras mais eficazes e econômicas, que não tragam estragos ao meio ambiente, o presente trabalho teve como finalidade analisar o efeito do uso de *Bacillus subtilis* estirpe UFT-Bs08, UFT-Bs10 e produto comercial a base de *B. subtilis* como promotores de crescimento vegetal na cultura da soja (*Glycine max* (L)).

Material e Métodos

O trabalho foi executado na casa de vegetação do Laboratório de Microbiologia, na Universidade Federal do Tocantins – UFT/PPGPV, em Gurupi-TO. Localizado a 11°43'45" S e 49°04'07" W.

O experimento foi realizado entre os meses de setembro a novembro de 2022 e a cultura adotada foi a soja (*Glycine max*).

Obtenção dos isolados

Para o experimento foram usadas duas cepas de *Bacillus subtilis* provenientes do Laboratório de Microbiologia da UFT/PPGPV, estes isolados são nativos de solos do cerrado em regiões de cultivos do estado do Tocantins. As estirpes utilizadas foram UFT-Bs08 e UFT-Bs10, separadamente, sendo cada cepa um tratamento.

Além das cepas oriundas da coleção do Laboratório de Microbiologia da UFT/PPGPV, foi utilizada também uma cepa proveniente de um produto comercial, sendo este, utilizado como testemunha positiva.

Todos os isolados foram replicados e permaneceram guardados em placas contendo meio LB (Luria-Bertani).

Delineamento experimental, inoculação e variáveis analisadas

O trabalho foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com oito repetições em cada um dos quatro tratamentos. Os tratamentos foram constituídos por inoculantes a base de *Bacillus subtilis*, sendo um inoculado com produto comercial, dois isolados pertencentes ao banco de cepas do Laboratório de Microbiologia da UFT, UFT-Bs08 e UFT-Bs10, e a testemunha sem inoculante.

Os experimentos foram realizados conforme Braga Junior (2015), sendo cada isolado um tratamento e a inoculação dos isolados realizada separadamente. Os experimentos foram empregados em vasos plásticos preto com volume de 3,5 L, preenchidos com solo coletado em área de cultivo. Análise de solo. No vaso, foram semeadas 6 sementes e após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste, deixando somente duas plantas por vaso.

As plantas foram irrigadas de forma manual, duas vezes ao dia, até que o solo atingisse a sua capacidade de campo.

Inoculou-se as sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, antes de serem inoculadas com *B. subtilis*, com o propósito de assegurar a exigência de nitrogênio da planta por meio da obtenção de uma boa nodulação nas raízes. A inoculação foi realizada uma hora antes da semeadura, na concentração de 100 mL de produto para cada 50 kg de sementes.

Para a inoculação dos tratamentos com *Bacillus subtilis*, os isolados foram aplicados diretamente nas covas sobre as sementes no momento da semeadura. A quantidade utilizada foi de 1 mL vaso⁻¹ de uma suspensão bacteriana contendo água destilada, 0,5% de NaCl e o microrganismo, obtido da raspagem de células multiplicadas previamente em placas de petri com meio de cultura sólida LB, apresentando concentração mínima de 109 UFC mL⁻¹.

As avaliações foram realizadas aos 45 dias após a emergência (DAE). As plantas foram retiradas do vaso e lavadas em água corrente para que o excesso de solo fosse retirado, após a lavagem as plantas foram medidas e contou-se o número de nós (NN). Em seguida, separou-se a raiz da parte aérea, e em volume inicial de 50 mL de água, foi avaliado o volume da raiz (VR). Este volume de raiz foi obtido por meio do método de Arquimedes, em que se realiza a submersão das raízes em um reservatório volumétrico com água, e a quantidade de água deslocada representa o volume de raiz em centímetros cúbicos (cm³) (Bouma *et al.*, 2000).

Levou-se o material a estufa, em temperatura de 65 °C até que fosse alcançado o peso estável, e após a secagem realizou-se a pesagem. Foram obtidos a massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), número de nós (NN) e altura de plantas.

Com os dados de biomassa foi definida a eficiência relativa da parte aérea, radicular e total de cada tratamento para a cultura, calculada segundo a fórmula: ER = (MS inoculada com os isolados/MS sem inoculante x 100).

Análise estatísticas

Para as análises estatísticas dos parâmetros MSPA, MSR, MST, NN e altura de plantas, foi utilizado o software Sisvar. Os dados foram submetidos à análise de variância com teste F, e as médias dos tratamentos reunidos pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

A avaliação da soja, demonstrou que o tratamento inoculado com *Bacillus subtilis*, isolado UFT-Bs08, apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) nos fatores de altura de planta (cm), volume de raiz (VR) e número de nós (NN) em comparação com a testemunha (Tabela 1). Na mesma tabela, podemos observar que os tratamentos inoculados com *B. subtilis*, isolado UFT-Bs10, e o produto comercial foram superiores à testemunha nos fatores volume de raiz e altura de planta, respectivamente. Para o número de entrenós, tanto o tratamento inoculado com UFT-Bs10 quanto o tratamento com produto comercial se mostraram significativamente superior à testemunha.

Tabela 1. Altura de planta, volume de raiz (VR) e número de nós (NN) da cultura da soja inoculada com *Bacillus subtilis*, Gurupi – TO, 2023.

Tratamento	Altura (cm)	VR (mL)	NN
Testemunha	18.79 b	62.14 b	6.00 b
P. comercial	24.00 a	68.57 b	7.29 a
UFT-Bs10	20.50 b	77.29 a	7.07 a
UFT-Bs08	24.00 a	80.00 a	7.36 a
CV (%)	10,37	8,71	8,59

Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si pelo Teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor.

Na tabela 2 são apresentados os dados referentes à massa seca parte aérea (MSPA), massa seca raiz (MSR) e massa seca total (MST). Por meio da avaliação foi possível observar que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$), com relação à testemunha, para os fatores de MSPA e MSR nos tratamentos inoculados com *Bacillus subtilis* UFT-Bs10 e UFT-Bs08. Sobre a massa seca total (MST) todos os tratamentos diferiram entre si.

Tabela 2. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) da cultura da soja inoculada com *Bacillus subtilis*, Gurupi – TO, 2023.

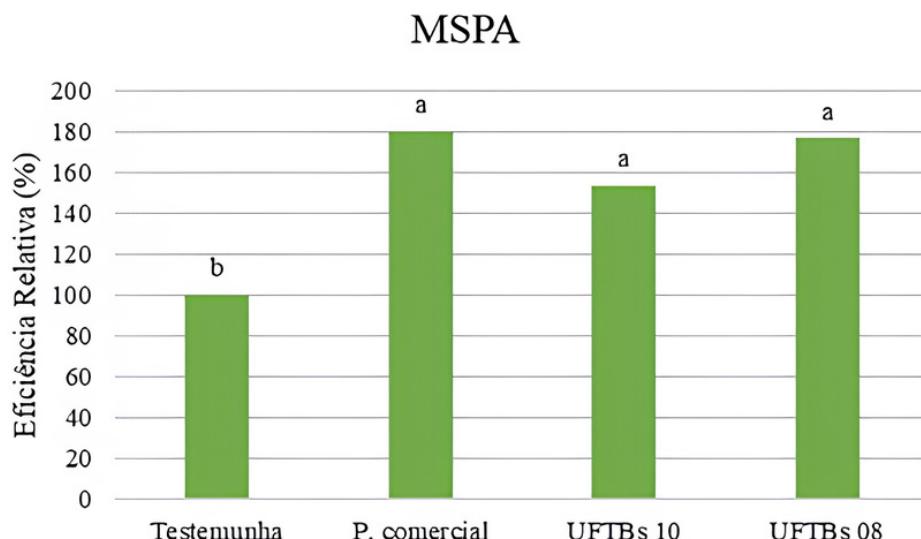
Tratamento	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
Testemunha	1.05 b	1.53 b	2.56 d
P. comercial	1.90 a	2.51 b	4.41 c
UFT-Bs10	1.62 a	3.97 a	5.58 b
UFT-Bs08	1.87 a	5.44 a	7.31 a
CV (%)	20,71	28,84	28,84

Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si pelo Teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor.

Com relação a eficiência relativa (ER) da massa seca da parte aérea, a análise demonstrou que o tratamento inoculado com *B. subtilis* UFT-Bs10, UFT-Bs08 e produto comercial foram superiores estatisticamente ($p \leq 0,05$) comparados à testemunha (Figura 1).

Figura 1. Eficiência relativa da massa seca da parte aérea (MSPA) da cultura da soja inoculada com *Bacillus subtilis*, Gurupi – TO, 2023.

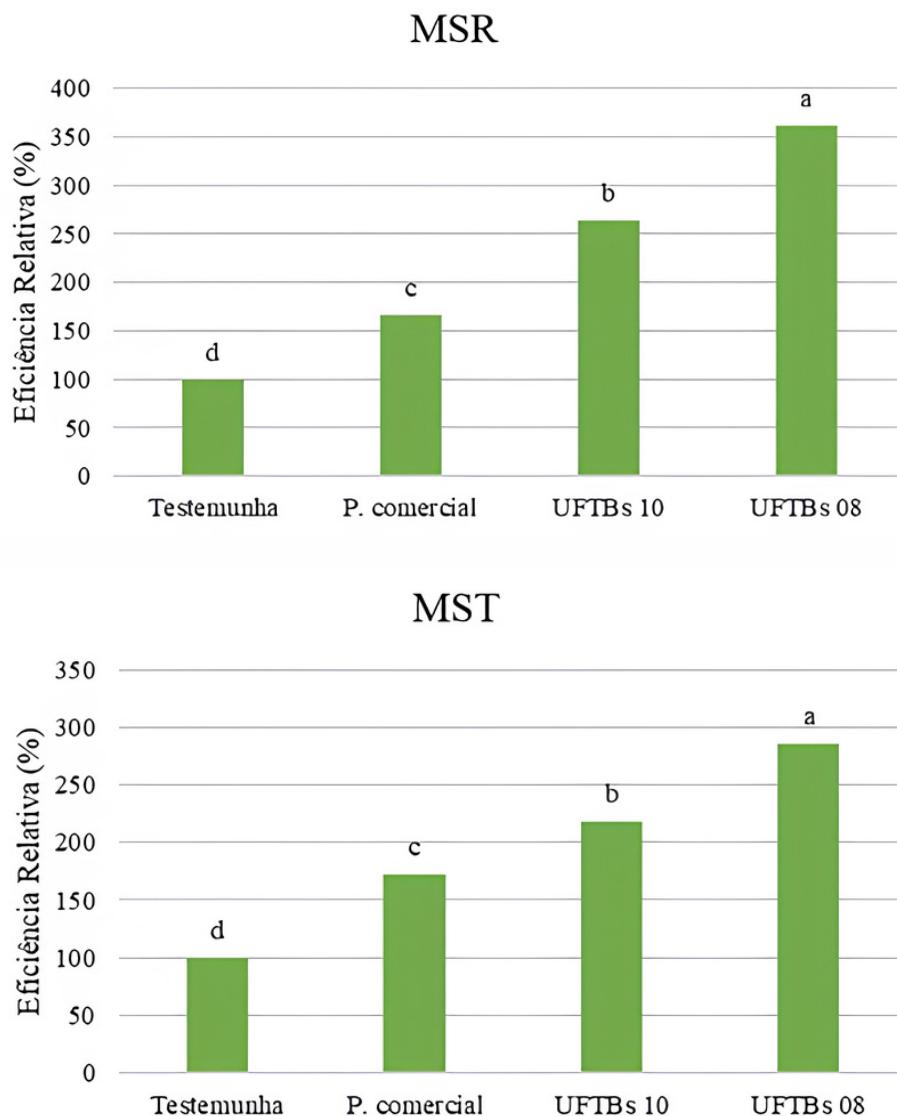


Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si pelo Teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor.

A avaliação da eficiência relativa (ER) da massa seca da raiz e da massa seca total, demonstrou que todos os tratamentos diferiram entre si, sendo que os inoculado com *B. subtilis* UFT-Bs10, UFT-Bs08 e produto comercial se mostraram superiores estatisticamente ($p \leq 0,05$) à testemunha (Figura 2). É possível notar que a cepa UFT-Bs08 se destacou nos parâmetros de MSR e MST com 262,17% e 185,76%, respectivamente, a mais de eficiência que a testemunha sem inoculação.

Figura 2. Eficiência relativa da massa seca da raiz (MSR) e da massa seca total (MST) da cultura da soja inoculada com *Bacillus subtilis*, Gurupi – TO, 2023.



Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes entre si pelo Teste Scott-knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Próprio autor.

Conforme os dados apresentados, foi observado que o uso do inoculante a base de *Bacillus subtilis* na cultura da soja proporcionou melhor desenvolvimento da MSPA, MSR e MST. Esse estímulo pode ser atribuído a diversos fatores como a disponibilização de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, produção de enzimas, atuação nos fitormônios, produção de ácido cianídrico, controle de fitopatógenos, entre outras atuações.

Costa (2017) relata que em seu trabalho sobre os efeitos no desenvolvimento da soja inoculados com *B. subtilis*, foi observado uma correlação favorável entre os parâmetros de biomassa fresca e seca de raiz, biomassa fresca e seca da parte aérea, volume de raiz e biomassa seca da raiz, biomassa seca da parte aérea e da raiz, e biomassa fresca da parte aérea com a altura da planta. A autora identificou que o aumento de biomassa de raízes proporciona maior volume de raiz e acréscimo da fitomassa na parte aérea e, consequentemente, maior altura de plantas.

De acordo com Melo (1998), esse aumento na biomassa da planta pode estar associado com a habilidade das rizobactérias em serem promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) por meio da produção de reguladores de crescimento, que são substâncias orgânicas que induzem processos fisiológicos de plantas que podem estar em baixas concentrações.

Cerqueira *et al.* (2015) observou em seu trabalho, através de testes *in vitro*, que os quatro isolados de *Bacillus* spp. são capazes de produzir ARA, ACC-deaminase e AIA. Como foi relatado por Katzenelson e Cole (1965) e Kampert *et al.* (1975), os *Bacillus* são um gênero de rizobactérias habilitadas para a produção de giberelina e auxina. Tsavkelova *et al.* (2006) também evidenciaram em seu trabalho que isolados de *B. subtilis* possuem potencial para coordenar a regulação hormonal de plantas, governando assim, o controle do crescimento do sistema radicular pela síntese de citocinina, auxina e giberelina.

Espécies do gênero *Bacillus* colaboraram para o aprimoramento de diversos parâmetros de raiz, como incremento de biomassa, comprimento de raízes e melhor enraizamento, além disso, o uso destes isolados na inoculação aumentou a absorção de nutrientes, atuando no enraizamento de mudas de eucalipto e no crescimento de batata-doce (Saharan e Nehra, 2011).

Adesemoye, Obini e Ugoji (2008) observaram que a inoculação de *B. subtilis* promoveu um aumento de 83% na massa seca de plantas de amaranto, 36% em quiabo e 31% em plantas de tomate. Além disso, os autores notaram a multifuncionalidade desta rizobactéria como promotora de crescimento vegetal (RPCP), eles observaram o potencial da bactéria em produzir endósporos resistentes à dessecção e ao calor.

Em uma avaliação realizada por Oliveira *et al.* (2016), foi analisado o desenvolvimento inicial do feijoeiro em consequência do vigor de sementes depois da inoculação com a rizobactéria *B. subtilis*, os autores confirmaram um aumento no comprimento das raízes primárias e no comprimento das plântulas. De acordo com os autores, essa melhoria no desenvolvimento de plântulas está relacionado com o incremento na quantidade de fitormônios produzidos pelas plantas.

Jaizme-Vega *et al.* (2004), constatou em seu trabalho que depois da inoculação com *Bacillus* spp., as cultivares de banana expressaram melhora significativa no comprimento de raízes e no teor de massa total, sendo que, o aumento destes parâmetros favoreceu a viabilidade das plantas, proporcionando bons resultados no estágio inicial de desenvolvimento da cultura.

Existem diversos outros mecanismos de desenvolvimento das plantas que também estão relacionados com o metabolismo microbiano presente no solo (Kalam *et al.*, 2020). Outro fator que pode ser associado à promoção no aumento da biomassa possibilitada pelos isolados utilizados é a solubilização e acesso aos nutrientes como o nitrogênio e o fósforo. Segundo Gaing e Gaur (1991), a utilização da bactéria *B. subtilis* ligada a uma adubação de fosfato de rocha na cultura do feijão permitiu o aumento da biomassa, melhor absorção de fósforo e nitrogênio em um solo escasso de P, e maior produção de grãos.

De acordo com Canbolat *et al.* (2006) a inoculação de *B. subtilis* em cevada e trigo possibilitou um efeito positivo na disponibilização de nutrientes, sugerindo que as estirpes de *Bacillus* utilizadas expressaram capacidade para aumentar o crescimento das plantas. Araújo *et al.* (2010) mencionaram que,

utilizando o feijão caupi cultivar BRS Guariba, a simples inoculação de *B. subtilis* (PRBS-1) favoreceu uma maior fixação de N, maior promoção no crescimento da planta e não prejudicou a nodulação, aos 40 e 55 dias após a semeadura.

Chagas *et al.* (2017) verificaram em seu estudo que as plantas que apresentam essa bactéria associada às raízes possuem uma maior capacidade de absorver nutrientes e de sobreviverem às situações adversas a que estão sujeitas. Estes autores também notaram um aumento na biomassa do sistema radicular das plantas inoculadas com *B. subtilis* e vincularam essa melhora no desenvolvimento do sistema radicular a sanidade da planta, possibilitada pelas rizobactérias, permitindo que as plantas tenham uma vantagem em relação àquelas que não possuem a bactéria em suas raízes.

Backman (1995) e Luz (1996) obtiveram em seus resultados que a inoculação de *B. subtilis* na cultura da soja propiciou o desenvolvimento da planta, e relacionaram este feito ao controle de fitopatógenos que a bactéria possui. É importante levar em conta que ocorre pela supressão de rizobactérias que acontece devido a contínuas inoculações durante sucessivos anos, que pode ocasionar uma maior concentração de rizobactérias no solo a um longo prazo, transformando o solo supressor de vários patógenos.

Dessa forma, é possível alegar que o uso de isolados de *Bacillus subtilis* na soja garantiu o incremento da biomassa na planta devido a uma possível solubilização de fosfato e nitrogênio, pelo estímulo ou síntese na produção de fitormônios, como também pelo seu efeito antagônico aos fitopatógenos.

A eficácia no uso de *Bacillus subtilis* no crescimento de plantas está associado com as propriedades biológicas deste microrganismo, que manifesta capacidades para o gerenciamento de sua viabilidade em bioformulados e com isso a aptidão para impulsionar o desenvolvimento vegetal (Chagas Junior *et al.*, 2022).

Considerando que a utilização da bactéria *B. subtilis* proporciona diversas vantagens para a cultura, as rizobactérias promotoras de crescimento de plantas (RPCPs) estão se tornando uma tecnologia essencial para o manejo agrícola, melhorando o rendimento produtivo e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de cultivo, unindo a manutenção do ecossistema com a alta produtividade das culturas.

Conclusão

O uso de *Bacillus subtilis* na inoculação da soja garantiu o incremento da biomassa da planta, demonstrando maior eficiência nos parâmetros de altura da planta, volume de raiz e número de nós.

A biomassa da planta, tanto da parte aérea, quanto da raiz e total, também apresentou resultados positivos com o uso de inoculantes à base de *B. subtilis*. Consequentemente, as eficiências relativas das mesmas foram superiores ao tratamento controle.

Referências

ARAUJO, F. F. de; PEDROSO, R. A. B. Interação de *Bacillus* sp. com a rizosfera de três espécies de plantas forrageiras. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 152-158. 2013.

ARAÚJO, A. S. F. de; CARNEIRO, R. F. V.; BEZERRA, A. A. C.; ARAÚJO, F. F. de. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N2 e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, v. 40, n. 1, p. 182-185, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000249>

BACKMAN, P. A. Development and commercialization of *Bacillus subtilis* (GBO3) as a rhizosphere inoculant. **European Journal of Plant Pathology**, (In: INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONGRESS), v. 13. The Hague, 1995. Kluwer Academic, **Abstracts**. 1995. Abstract 27.

BOUMA, T. J.; NIELSEN, K. L.; KOUTSTAAL, B. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and soil**, v. 218, n. 1, p. 185-196, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1014905104017>

BRAGA JUNIOR, G. M. **Eficiência de *Bacillus subtilis* no Biocontrole de Fitopatógenos e Promotor de Crescimento Vegetal**. 2015. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, Tocantins, Brasil, 2015.

CANBOLAT, M. Y.; BILEN, S.; ÇAKMAKÇI, R.; ŞAHİN, F.; AYDIN, A. Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. **Biology and fertility of soils**, v. 42, n. 4, p. 350-357, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00374-005-0034-9>

CERQUEIRA, W. F.; MORAIS, J. S. de; MIRANDA, J. S.; MELO, I. K. S.; SANTOS, A. F. de J. Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, Goiás, Brasil, v. 11, n. 20, 2015.

CHAGAS, L. F. B.; MARTINS, A. L. L.; CARVALHO FILHO, M. R. de; MILLER, L. de O.; OLIVEIRA, J. C. de; CHAGAS JUNIOR, A. F. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Revista Agri-Environmental Sciences**, Palmas, Tocantins, v. 3, n. 2, 2017. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v3i2.430>

CHAGAS JUNIOR, A. F.; BRAGA JUNIOR, G. M.; LIMA, C. A.; MARTINS, A. L. L.; SOUZA, M. C.; CHAGAS, L. F. B. *Bacillus subtilis* como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja. **Diversitas Journal**. Santana do Ipanema, Alagoas, v. 7 n. 1, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48017/dj.v7i1.2071>

COELHO, L. F. C.; FREITAS, S. dos S. F.; MELO, A. M. T. de M.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* spp. e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1413-1420, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600018>

COSTA, L. C. **Efeitos da inoculação de *Bacillus subtilis* no desenvolvimento da soja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GAING, S.; GAUR, A. C. Thermotolerant phosphate solubilizing microorganisms and their interaction with mung beans. *Plant and Soil*, v. 133, n.1, p. 141-149, 1991. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF00011908>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acesso: 14 de nov. de 2022.

JAIZME-VEGA, M. del C.; RODRÍGUEZ-ROMERO, A. S.; GUERRA, M. S. P. Potential use of rhizobacteria from the *Bacillus* genus to stimulate the plant growth of micropropagated bananas. *Fruits*, v. 59, p. 83-90, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits:2004008>

KALAM, S.; BASU, A.; PODILE, A. R. Functional and molecular characterization of plant growth promoting *Bacillus* isolates from tomato rhizosphere. *Helion*, v. 6, n. 8, e04734 p., 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04734>

KAMPERT, M.; STRZELCZYK, E.; POKOJSKA, A. Production of auxins by bacteria isolated from roots of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Acta Microbiologica Polonica. Series B: Microbiologia Applicata*, v. 7, n. 2, p. 135-143, 1975.

KATZNELSON, H.; COLE, S. E. Production of gibberellin-like substances by bacteria and actinomycetes. *Canadian Journal Microbiol.* v. 11, n. 4, p. 733-741, 1965. DOI: <https://doi.org/10.1139/m65-097>

LIMA, F. F. Parte superior do formulário. *Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Piauí, Teresina, Piauí, 54 p, 2010.

MAPEAMENTO ANUAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NO BRASIL. Área plantada com soja no Brasil é maior que a Itália. 2021. Disponível em: <https://mapbiomas.org/area-plantada-com-soja-no-brasil-e-maior-que-a-italia>. Acesso em: 4 out. 2022.

MAPBIOMAS. 2021. Levantamento do MapBiomas constata que área de lavouras anuais triplicou entre 1985 e 2020. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2021/10/20/area-plantada-com-soja-no-brasil-e-maior-que-a-italia/>. Acesso em: 20 out. 2021

MELO, I. S. de. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de. Ecologia Microbiana. **Embrapa Meio Ambiente-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p. 87-116, 1998.

OLIVEIRA, G. R. F.; SILVA, M. S.; MARCIANO, T. Y. F.; PROENÇA, S. L.; SÁ, M. E. Crescimento inicial do feijoeiro em função do vigor de sementes e inoculação com *Bacillus subtilis*. *Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas*, v. 10, n. 4, p. 439-448, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng-2016v10n4p439-448>

PRAÇA, L. B.; MORINAGA, C.; MEDEIROS, P. T.; MELATTI, V. M.; MARTINS, É. S.; DUMAS, V. F.; FALCÃO, R.; MONNERAT, R. G. Isolamento e caracterização de estípites de *Bacillus thuringiensis* coletadas em solos do oeste baiano. *Ciências da Saúde*, v. 7, n. 2, p. 1-18, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.5102/ucs.v7i2.999>

SAHARAN, B. S.; NEHRA, V. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A critical review. *Life Sciences and Medicine Research*, v. 21, n. 1, p. 1-30, 2011.

SEDIYAMA, T. (Org.). **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, Paraná: Mecenas, 2009. 314 p.

SOTTERO, A. N. **Colonização radicular e promoção de crescimento vegetal por rizobactérias**. 2003. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical). Instituto Agronômico, Campinas, 2003.

TSAVKELOVA, E. A.; KLIMOVA, S. Y.; CHERDINTSEVA, T. A.; NETRUSOV, A. I. Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A Review. *Applied Biochemistry and Microbiology*, v. 42, n. 2, p. 117-126, 2006.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil.

Capítulo 3

Impacto da aplicação de fontes de fósforo e *Bacillus subtilis* no crescimento e produtividade do feijão-caupi em safrinha

Lucas Saraiva de Sousa*¹

Fernando Machado Haesbaert²

Arthur Costa Souza³

Eliane Regina Archangelo⁴

Raimundo Wagner de Souza Aguiar⁵

Albert Lennon Lima Martins⁶

Manoel Mota dos Santos⁷

* Autor para correspondência: lus.saraiva@mail.uft.edu.br

Resumo

O feijão-caupi é uma importante e popular leguminosa no cenário agrícola, por possuir valor socioeconômico, gerando emprego e renda para a população. Um dos maiores entraves para o crescimento da produtividade dessa cultura no Cerrado é a baixa disponibilidade de fósforo no solo. O uso do fosfato natural associado a bactéria solubilizadora de fósforo *Bacillus subtilis* vem ganhando destaque nas pesquisas como uma estratégia interessante a ser explorada. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento da cultivar de feijão-caupi BRS Nova Era em função de diferentes fontes de fósforo e épocas de aplicação da bactéria *Bacillus subtilis*. O experimento foi conduzido em esquema fatorial (2x4), sendo duas fontes de fósforo (Formulado NPK 5-25-15 e Fosfato natural) e quatro épocas de aplicação da bactéria *B. subtilis* (Testemunha, semeadura, V4 e R6) no período outono/inverno. O Delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os caracteres agronômicos avaliados foram número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagem (CV), números de grãos por vagem (NGV), peso de 100 grãos (P100g) e produtividade (PROD). Foi observado significância entre a interação dos fatores para as características comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e produtividade (PROD). O fosfato natural proporcionou o maior crescimento de vagem dentre as fontes de fósforo. O uso do formulado NPK (5-25-15) em R6 e a inoculação de *B. subtilis* em V4 proporcionaram as maiores médias em produtividade.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, Solubilização de fosfato, Produção de grãos.

1 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: lus.saraiva@mail.uft.edu.br

2 Pró-Reitoria de Anália e Planejamento, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO, Brasil. E-mail: fernandomh@uft.edu.br

3 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: arthur21sousa@hotmail.com

4 Professora do Curso de Tecnologia de Gestão em Agronegócio, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: elianerarchangelo@gmail.com

5 Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: rwsa@uft.edu.br

6 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert.ll@unitins.br

7 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: santosmm@mail.uft.edu.br

Introdução

A cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) teve origem no continente africano, mas é amplamente cultivada nas regiões tropicais da Ásia e no continente americano (Silva *et al.*, 2008). A principal característica é que é uma leguminosa com alto teor de proteína, tornando-se assim uma opção para melhorar a qualidade de vida da população carente (Fonseca *et al.*, 2010).

Nas regiões do cerrado é cultivado durante o período safrinha, ou seja, logo após a safra da cultura principal, como soja ou arroz, devido ao seu ciclo curto e rusticidade quando comparado a outras culturas (Freire Filho, 2011; Silva *et al.*, 2016). O Brasil é considerado o terceiro maior produtor, com 11% do total mundial, englobando os feijões preto, cores e caupi, e também um dos maiores consumidores de feijão no mundo (Coêlho e Ximenes, 2020). O feijão-caupi é praticamente cultivado em quase todo o Brasil, com enfoque para as regiões Nordeste e Norte e vem sendo produzido por outras regiões devido a sua habilidade de adaptação edafoclimática (Costa, 2020).

O Nordeste é representativo no plantio do feijão-caupi (feijão de corda ou macassar), em cuja primeira safra, Bahia e Piauí somam mais de 86% da área plantada. Devido a sua rusticidade e adaptabilidade à pouca disponibilidade de água, tem plantio mais tardio e é cultivado em regiões mais áridas do Mato Grosso e Minas Gerais. O estado Tocantins possui em torno de 60,3 mil hectares de área cultivada com feijão-caupi e com produção de 68,7 mil toneladas (CONAB, 2022).

Mesmo a cultura do feijão-caupi possuindo alta importância socioeconômica, sua produtividade é considerada baixa. Manter e/ou aumentar a produtividade está diretamente relacionado a fatores bióticos e abióticos, dos quais a suplementação adequada de macro e micronutrientes é um dos principais fatores (Bedin *et al.*, 2003; Karikari *et al.*, 2015). A deficiência de fósforo é um dos principais fatores limitantes da fertilidade do solo na cultura do feijão-caupi no Cerrado (Veloso *et al.*, 2013).

Os solos da região do Cerrado são ácidos, com baixa fertilidade natural, baixo teor de matéria orgânica, alta saturação de Al e baixo teor de fósforo (P), devido à alta capacidade de fixação de P através dos colóides minerais do solo (Fageria e Nascente, 2014). Portanto, é muito importante estabelecer práticas adequadas de fertilização, especialmente aplicação de fósforo em solos de cerrado, para promover o desenvolvimento de culturas cultivadas, incluindo o feijão-caupi.

Para o feijão-caupi, o P teve efeito positivo no aumento da produtividade de vagens e grãos, bem como no desenvolvimento radicular e no processo de nodulação (Nascente *et al.*, 2014; Karikari *et al.*, 2015). Por outro lado, a deficiência de fósforo é o maior fator limitante da produtividade do solo no Cerrado brasileiro, afetando o desenvolvimento das plantas e reduzindo o tamanho, quantidade e qualidade dos grãos (Zucareli *et al.*, 2011).

Dependendo da cultivar, os custos de adubação podem representar até 40% dos custos variáveis de produção devido à ineficiência dos fertilizantes fosfatados (Martins *et al.*, 2008). Em solos tropicais, a eficiência das fontes convencionais de fósforo chega a ser inferior a 10% (Baligar *et al.*, 2001), exigindo aplicação excessiva de fertilizantes fosfatados, mas isso se reflete diretamente no custo dos produtores.

Os fosfatos naturais não são processados química ou termicamente, por serem obtidos a partir da britagem e separação da rocha fosfática em depósitos minerais (Silva, 2011). Fosfatos naturais reativos são menos concentrados e pouco solúveis em água e têm um efeito residual. Essas características resultam em diferentes taxas de liberação e potenciais de ligação desse elemento no solo (Korndörfer *et al.*, 1999). Embora o uso prolongado de fosfatos de rocha seja compensatório, há limitações, pois possuem uma solubilidade lenta dos minerais do solo, levando limitações no uso em natureza.

Diversos microrganismos como fungos e/ou bactérias são conhecidos por sua capacidade de solubilizar fosfato, estes microrganismos podem ser facilmente encontrados no solo, a utilização destes microrganismos na solubilização de rocha fosfática e promoção do crescimento vegetal vem sendo explorado desde 1903, com o objetivo de disponibilizar o fósforo existente no solo (Dalcin, 2008).

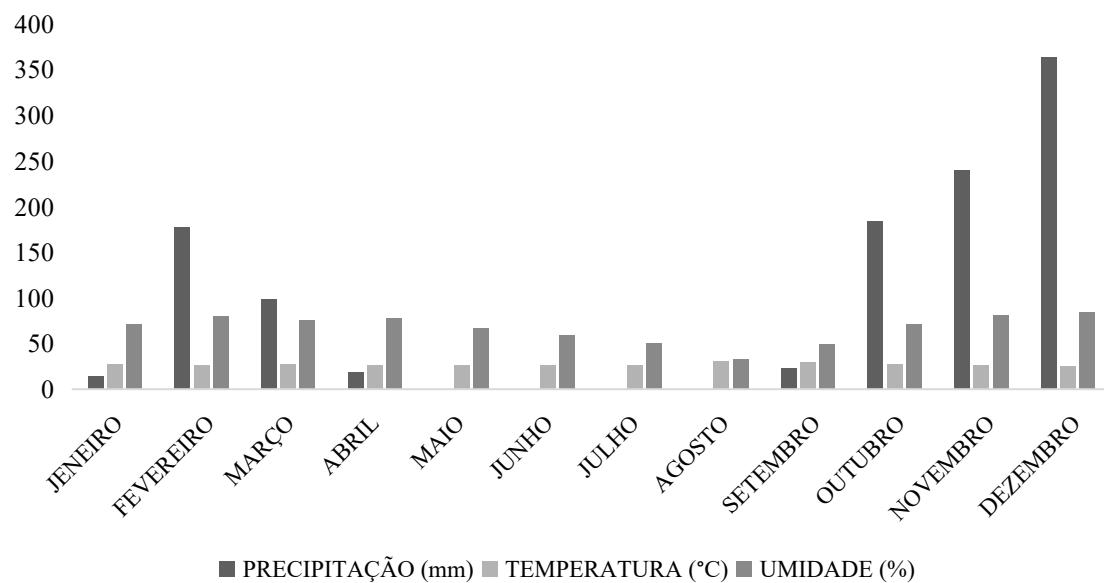
A utilização do fosfato natural combinado com microrganismos solubilizadores de fosfatos torna-se uma estratégia sustentável e econômica na produção agrícola. Assim, objetivou-se avaliar o comportamento agronômico e fisiológico da cultivar de feijão-caupi BRS Nova Era em função de fontes de fósforo associado à aplicação da bactéria *Bacillus subtilis* durante o seu desenvolvimento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Tocantins – UFT, Campus de Gurupi, que está sob as coordenadas geográficas coordenadas geográficas 11º 43' S e 49º 04' W e altitude de 280 m localizado na região Sul do Estado do Tocantins. A temperatura média anual é de 29,5 °C, com precipitação média anual de 1804 mm. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho/Amarelo distrófico com textura média (EMBRAPA, 2013).

Os dados de precipitação acumulada, temperatura média e umidade relativa estão dispostas abaixo (Figura 1).

Figura 1. Valores de precipitação acumulada, temperatura média e umidade relativa no ano de 2021 no período outono/inverno, Gurupi - TO, 2022.



Fonte: Climatempo (2022).

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram obtidos em arranjo fatorial com dois fatores (2x4). O primeiro fator são duas fontes de fósforo (P_2O_5): Formulado NPK (5-25-15) com 25% de P_2O_5 e Fosfato Natural com 7,5% de P_2O_5 e o segundo fator quatro épocas de aplicação da bactéria solubilizadora de fosfato *B. subtilis*: Testemunha (sem aplicação), Semeadura, V4 (3º folha trifoliolada) e V6 (floração), a cultivar utilizada foi a BRS Nova Era, que apresenta tegumento branco, hábito de crescimento indeterminado com ramos relativamente curtos e resistentes ao acamamento e porte semiereto (Gonçalves *et al.*, 2009).

Os tratamentos foram compostos da seguinte forma: T1: Formulado NPK (5-25-15); T2: Fosfato Natural; T3: Formulado NPK (5-25-15) + *B. subtilis* na semeadura; T4: Fosfato Natural + *B. subtilis* na semeadura; T5: Formulado NPK (5-25-15) + *B. subtilis* em V4; T6: Fosfato Natural + *B. subtilis* em V4; T7: Formulado NPK (5-25-15) + *B. subtilis* em R6 e T8: Fosfato Natural + *B. subtilis* em R6.

As parcelas experimentais foram definidas com as dimensões de 2x5 m (largura e comprimento, respectivamente) totalizando 10 m² por tratamento e considerada a área útil para as avaliações as duas fileiras centrais.

A análise química e granulométrica do solo na área constatou as seguintes características: pH CaCl² = 4,8; Ca²⁺ = 2,6 cmol_c.dm⁻³; Mg²⁺ = 0,9 cmol_c.dm⁻³; K⁺ = 0,11 cmol_c.dm⁻³; Al³⁺ = 0,10 cmol_c.dm⁻³; H+Al = 2,50 6 cmol_c.dm⁻³; CT_{Ct} = 6,11 cmol_c.dm⁻³; V = 59%; P meh = 2,9 mg.dm⁻³; C org. = 1,1 dag.kg⁻¹; B = 0,18 mg.dm⁻³; Cu = 0,8 mg.dm⁻³; Fe = 26 mg.dm⁻³; Mn = 0,7 mg.dm⁻³; Zn = 2,1 mg.dm⁻³; Argila = 275 g.kg⁻¹; Silte = 50 g.kg⁻¹; Areia total = 675 g.kg⁻¹.

As fontes de fósforo foram distribuídas o valor total na semeadura. O formulado NPK (5-25-15) foi aplicado na dose de 350 kg.ha⁻¹ e o fosfato natural no valor de 1667 kg.ha⁻¹. Com a finalidade de disponibilizar a mesma quantidade dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) foi adequando os

valores, sendo assim para os tratamentos em que consistiam o uso do Fosfato Natural foi aplicado ureia como fonte de N na dose de $17,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ e Cloreto de Potássio – KCl como fonte do potássio na dose de $52,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ que foi aplicado também no momento da semeadura.

Foram realizadas gradagem e niveladora para o preparo convencional da área experimental, o plantio foi realizado no período outono/inverno. A densidade de semeadura estipulada foi de 17 sementes por metro linear e 12 dias a seguir foi realizado o desbaste nas plantas, mantendo em campo 12 plantas por metro linear. A adubação de cobertura foi realizada no estádio V4 da cultura, com 60 kg.ha^{-1} de N (Ureia – 45% N) em área total do experimento.

As aplicações da bactéria *B. subtilis* forma realizadas com o auxílio de uma bomba costal com uma vazão de 250 L.ha^{-1} , a aplicação foi feita na semeadura (no sulco de semeadura sobre as sementes), no estádio V4 (25 DAS) e em R6 (40 DAS). Em todas as épocas de aplicação da bactéria foi estabelecido o uso de 1 L.ha^{-1} de calda da bactéria *B. subtilis*.

Para uniformização da colheita e com finalidade de evitar perdas foi realizada a dessecação. A colheita realizada de forma manual. E as características agronômicas avaliadas foram:

- Número de Vagens por Planta (NVP): obtido pela contagem do número de vagens produzidas pela planta, foram escolhidas cinco plantas aleatoriamente da área útil da parcela;
- Comprimento de Vagem (CV) em cm: escolhendo ao acaso cinco vagens da parcela colhida;
- Número de Grãos por Vagem (NGV): obtido pela contagem dos grãos de uma vagem, foram utilizadas cinco vagens por parcela;
- Peso de Cem Grãos (P100G) em g: referiu-se ao peso médio de 100 grãos;
- Produtividade (PROD) em Kg.ha^{-1} : obtida a partir da produção de grãos da parcela com umidade corrigida para 13%.

Foi realizada a análise de variância através dos valores médios obtidos das características avaliadas. A partir dos desdobramentos dos efeitos dos fatores as médias foram comparadas por teste Tukey ($<0,05$) probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com o software Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância (Tabela 1), foi observado significância na interação entre o fator época de aplicação (E) e o fator fontes de fósforo (F) ($F_{(FxE)3;21}; P<0,05$), para as características: produtividade (PROD), comprimento de vagens (CV) e número de grãos por vagem (NGV), demonstrando assim a dependência dos fatores para essas variáveis. Observando o fator fontes de fósforo, foi constatado significância ($F_{(E)1;21}; P<0,05$) para a característica: peso de cem grãos (PCG). Para o fator época de aplicação não houve efeito ($F_{(E)3;21}; P<0,05$) de forma isolada sobre nenhuma das características avaliadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância: comprimento de vagem - CV (cm), Número de grãos por vagem - NGV (unidades), Número de vargens por planta - NVP (unidade), Peso de 100 grãos - P100G (gramas), Produtividade - PROD (Kg.ha⁻¹) do cultivar de feijão-caupi BRS Nova Era em função de diferentes fontes de fósforo interação entre as fontes de fósforo e a época de aplicação da bactéria *Bacillus subtilis*, Gurupi – TO, 2022.

FV	GL	PROD	CV	NVP	NGV	P100G
QM						
Rep	3	266133,74	0,70	0,65	1,35	0,33
Fontes de Fósforo	1	1426250,72 ^{ns}	1,13 ^{ns}	3,38 ^{ns}	6,75 ^{ns}	8,00*
Épocas	3	377658,18 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,05 ^{ns}	2,92 ^{ns}
Fontes vs Épocas	3	390060,80*	3,06*	0,30 ^{ns}	7,60*	2,08 ^{ns}
Resíduo Médio	21	139539,38	0,83	0,19	2,86	1,12
Média Geral		1383,83	16,43	1,93	10,72	22,88
CV (%)		26,99	5,5	22,59	15,78	4,62

Significativo a 1% de probabilidade; *Significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo. **Fonte: Próprio autor.

Para a variável PROD, o coeficiente de variação (CV%) (26,99) está dentro do aceitável, em trabalhos mais recentes como os de Rocha *et al.* (2019) e Duarte *et al.* (2021) encontraram resultados de 22,02 e 30,42 respectivamente. O coeficiente de variação da variável CV (cm) (5,5) é menor que os encontrados por autores como Tagliaferre *et al.* (2013) (9,41) e Lage Neto (2018) (18,39), ressaltando a confiabilidade dos dados, já que são considerados de alta precisão os experimentos com baixos valores de CV (Snedecor e Cochran, 1980; Oliveira *et al.*, 2009). Os coeficientes das variáveis NVP (22,59), NGV (15,78) e P100G (4,62) estão muito próximos aos valores encontrados na literatura, NVP (25,41), NGV (12,57) e P100G (5,41) (Rocha, 2019; Duarte *et al.*, 2021).

Analizando o desdobramento da interação entre os fatores fontes de fósforo e época de aplicação de *B. subtilis* para o comprimento de vagens (CV) (Tabela 2), observa-se que na época da semeadura o fosfato natural obteve um resultado superior (17,25) em comparação com a aplicação de formulado NPK (5-25-15) (15,30). Segundo Silva *et al.* (2019) os adubos orgânicos possuem liberação mais lenta em comparação aos adubos minerais em função da baixa solubilidade, o que pode explicar esse resultado, pois ao adubar na semeadura a liberação do adubo orgânico é feita de forma gradual, sendo assim, a planta tem um suprimento de fósforo na maior parte do seu período no cultivo, inclusive na época da definição do potencial produtivo e da formação das vagens.

Tabela 2. Valores médios para característica comprimento de vagens (CV) em função da interação entre as fontes de fósforo e a época de aplicação da bactéria *B. subtilis*. Gurupi - TO, 2022

Época de inoculação da bactéria	Fonte de Fósforo		Média
	Formulado NPK (5-25-15)	Fosfato Natural	
Testemunha	16,80aA	15,88aA	16,34a
Semeadura	15,30bA	17,25aA	16,28a
V4	16,60aA	17,28aA	16,94a
R6	16,28aA	16,08aA	16,18a
Média	16,24a	16,62a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Não houve diferença significativa entre as diferentes épocas de aplicação de *B. subtilis*. Possivelmente devido a inoculação da bactéria diretamente no sulco de plantio na semeadura pode ter gerado uma competição com os microrganismos já presentes no solo, reduzindo sua concentração na solução do solo, afetando assim seu efeito, já nas demais épocas (V4 e R6) o sucesso da aplicação nesses estágios implicam em diversos fatores bióticos e abióticos para um bom estabelecimento da simbiose planta-microrganismos, sendo assim dependendo desses fatores, pode haver interferência na inoculação, afetando assim o desempenho do processo de fixação (Moreira e Siqueira, 2006).

Para o número de grãos por vagem (NGV) os resultados demonstram que a aplicação de fosfato natural em V4 proporcionou o melhor resultado para a característica (12,38 unidades) (Tabela 3) em comparação ao tratamento com aplicação do formulado NPK (5-25-15) (9,70 unidades), resultado que difere dos encontrados por autores como Silva *et al.* (2013) que não encontraram diferenças mediante as diferentes fontes testadas.

O resultado pode ter sido pela baixa solubilidade do fosfato natural, uma vez que a planta necessita de uma maior concentração para realizar o enchimento de grão e definição do tamanho da vagem e consequentemente da quantidade de grãos presente na vagem. Contudo, observa-se que não houve diferença significativa nas diferentes épocas de aplicação de *B. subtilis*.

Tabela 3. Valores médios para característica número de grãos por vagem (NGV) em função da interação entre as fontes de fósforo e a época de aplicação da bactéria *B. subtilis*, Gurupi - TO, 2022

Época de inoculação da bactéria	Fonte de Fósforo		Média
	Formulado NPK (5-25-15)	Fosfato Natural	
Testemunha	9,90aA	10,45aA	10,18a
Semeadura	10,38aA	12,50aA	11,44a
V4	9,70bA	12,38aA	11,04a
R6	11,08aA	9,40aA	10,24a
Média	10,26a	11,18a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

Ao analisar o efeito da interação entre os fatores estudados para a característica produtividade (PROD) e o seu desdobramento (Tabela 4), é possível observar a aplicação de *B. subtilis* em V4 proporcionou desempenho superior na produtividade em comparação as demais épocas de aplicação, sendo verificadas as médias das épocas de aplicação. O que pode ter acontecido, foi que posterior a fase de V4, já estão as fases reprodutivas, sendo assim, fazendo a inoculação, nesse estádio, pode ter proporcionado uma liberação de um suprimento de P para os estádios posteriores. Esse resultado foi diferente do encontrado por Rocha (2019) e Malagutti (2022), que constataram incremento de produtividade na inoculação em semeadura.

Tabela 4. Valores médios para característica produtividade (PROD) em função da interação entre as fontes de fósforo e a época de aplicação da bactéria *B. subtilis*. Gurupi - TO, 2022

Época de inoculação da bactéria	Fonte de Fósforo		Média
	Formulado NPK (5-25-15)	Fosfato Natural	
Testemunha	1373,65aA	883,77aA	1128,71B
Semeadura	1370,37aA	1504,54aA	1437,45AB
V4	1849,26aA	1457,85aA	1653a
R6	1786,50aA	844,67bA	1315,59AB
Média	1594,94a	1172,71b	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Dados da pesquisa, 2021.

A adubação com NPK (5-25-15) em R6 obteve uma melhor resposta de produtividade (1.786,5) em comparação a fonte de fosfato natural (844,67). A influência do P na cultura reside no aumento da produção de matéria seca da parte aérea e o aumento do número de vagens e massa de grãos, que são os principais determinantes de produtividade (Fageria *et al.*, 2003). As maiores produtividades somente são alcançadas somente com o suprimento de fósforo em quantidades compatíveis com a demanda da planta (Coutinho *et al.*, 2014).

Quando se analisou as características peso de cem grãos (P100) e número de vagens por planta (NVP) no fator fonte de fósforo individualmente, observou-se que o formulado NPK (5-25-15) proporcionou médias mais altas para ambas as variáveis respectivamente, (23,38 e 2,25) em comparação ao tratamento com fosfato natural com médias menores respectivamente (22,38 e 1,60) (Tabela 5). O peso do grão é uma variável importante para determinar a produtividade, sendo assim, uma planta bem nutrida produzirá grãos maiores e pesados (Marcos Filho, 2005).

Tabela 5. Valores médios das características número de vagens por planta (NVP) e peso de 100 grãos (P100G) para o cultivar BRS Nova Era em função da fonte de fósforo e a época de aplicação da bactéria *B. subtilis*, Gurupi – TO, 2022.

Fonte de Fósforo	P100G (g)	NVP (Unidade)
Formulado NPK (5-25-15)	23,38a	2,25a
Fosfato Natural	22,38b	1,60b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Fonte: Próprio autor.

O formulado NPK (5-25-15) teve eficiência maior a um curto prazo, sendo assim, quando são adicionados ao solo elevam rapidamente a concentração de P nos mesmos. Contudo, com o passar do tempo, sofre uma perda de eficiência devido principalmente a processos de “adsorção” e “fixação” de P no solo, explicando assim os melhores resultados tanto para número de vagens por planta como produtividade. O fosfato natural aumenta sua eficiência aumentada com o tempo, após sua aplicação, irá se dissolver de forma lenta na solução do solo, e consequentemente disponibilizando o P para a planta com o tempo, sendo uma fonte de liberação controlada (Horowitz e Meurer, 2004).

Conclusão

Para as características agronômicas houve efeito da interação entre os fatores época de aplicação e fontes de fósforo para as características produtividade, comprimento de vagem e número de grãos por vagem.

O fosfato natural proporcionou o maior crescimento de vagem dentre as fontes de fósforo. O uso do formulado NPK (5-25-15) em R6 e a inoculação de *B. subtilis* em V4 proporcionaram as maiores médias em produtividade.

Referências

- BALIGAR, V.C.; FAGERIA, N.K.; HE, Z.L. Eficiência do uso de nutrientes nas plantas. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 32, n. 7-8, p. 921-950, 2001.
- BEDIN, I.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; FAQUIM, V.; TOKURA, A.M.; SANTOS, J.Z.L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 639-646, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400008>
- COÊLHO, J.D.; XIMENES, L.F. Feijão: produção e mercado. **Caderno setorial ETENE**, n. 143, v. 5, p. 1-7, 2020.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Safra 2021/2022 - Nono levantamento**, v.9, n. 9, p. 1-98, junho 2022.
- COSTA, A.F. **Cadernos do Semiárido riquezas & oportunidades** / Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco – Recife: CREA-PE: Editora UFRPE, v. 17, n.3, 64 p., 2020.
- COUTINHO, P.W.R.; DA SILVA, D.M.S.; SALDANHA, E.C.M.; OKUMURA, R.S.; DA SILVA JÚNIOR, M.L. Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agro@mbiente Online**, v. 8, n. 1, p. 66-73, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i1.1310>
- DALCIN, G. **Seleção de microrganismos promotores da disponibilidade de nutrientes contidos em rochas, produtos e rejeitos de mineração**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 100 p., 2008. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFSC_4552b8990273453049810e476912048c Acessado em: 20 mai. 2022.
- DUARTE, J.R.M.; BASÍLIO, S.A.; A SILVA, M.B.; VAZ, V.; PIRES, J.P.D.; BERTI, M.P.S. Produtividade e qualidade de sementes de feijão em resposta a fertilizante mineral, biofertilizante e pó de rocha. **Revista Cultura Agronômica**, v. 30, n. 1, p. 78-92, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2021v30n1p78-92>
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013, 353 p.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. Resposta do feijoeiro a adubação fosfatada. In: POTAFÓS. Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, n. 102, p. 1-9, 2003.
- FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of Soil Acidity of South American Soils for Sustainable Crop Production. **Advances in Agronomy**, v. 128, n. 1, p. 221-275, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802139-2.00006-8>
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FONSECA, M.R.; FERNANDES, A.R.; SILVA, G.R.; BRASIL, E.C. Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.2011.028>
- FREIRE FILHO, F.R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)**, 2011.

HOROWITZ, N.; MEURER, E.J. Eficiência agronômica de fosfatos naturais. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, p. 665-682, 2004.

KARIKARI, B.; ARKORFUL, E.; ADDY, S. Growth, Nodulation and Yield Response of Cowpea to Phosphorus Fertilizer Application in Ghana. **Journal of Agronomy**, v. 4, n. 4, p. 234-240, 2015.

KORNDÖRFER, G.H.; LARA-CABEZAS, W.A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia agrícola**, v. 56, n. 2, p. 391-396, 1999.

LAGE NETO, J.M. **Avaliação da fertilidade de um latossolo amarelo textura média no cultivo do feijão-caupi, “pretinho” (variedade local)**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, 2018.

MALAGUTTI, E.S. **Doses de *Bacillus subtilis* na presença e ausência de cobalto e molibdênio na produção e qualidade fisiológica de sementes de feijão**. Monografia (Graduação em Engenharia Agronômica) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, SP, 2022.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARTINS, É.D.S.; OLIVEIRA, C.G.D.; RESENDE, Á.V.D.; MATOS, M.S.F.D. Agrominerais-Rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. **CETEM/MCTI**, 2. ed., 2008.

MOREIRA, F.L.M.; MOTA, F.O. B.; CLEMENTE, C.A.; AZEVEDO, B.M. DE; BONFIM, G. V. DO. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 7-12, 2006.

NASCENTE, A.S.; COBUCCI, T.; SOUSA, D.M.G.; LIMA, D.P. Produtividade do feijoeiro comum afetada por fontes de fósforo com ou sem cálcio. **Revista de Ciência Agrárias**, v. 57, n. 2, p. 180-185, 2014.

OLIVEIRA, R.L.D.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, M.J.B.D.; REIS, R.L.D. Precisão experimental em ensaios com a cultura do feijão. **Ciência e agrotecnologia**, v. 33, p. 113-119, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100016>

ROCHA, E.N. **Inoculação de *Bacillus subtilis* e tratamento químico em sementes de feijão caupi e feijão comum: lotes, tempo de exposição e doses**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Ilha Solteira, SP, 2019.

SILVA, C.F., DE MOURA, M.F., VILELA, Á.R.R., DE ARAÚJO, M.B.; MARQUES, J.D.S. Produção de feijão-caupi em função do emprego de inoculante e adubos orgânicos e mineral. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 1130-1145, 2019.

SILVA, K.J.D.; ROCHA, M.M.; MENEZES JUNIOR, J.A.N. Socioeconomia. In: BASTOS, E.A. (coord.). **Cultura do feijão-caupi no Brasil**. Teresina, PI: Embrapa, 2016.

SILVA, M.C. **Eficiência agronômica de fosfatados reativos sob diferentes formas de manejo da adubação**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Goiás, 2011.

SILVA, R.P.; SANTOS, C.E.; LIRA JÚNIOR, M.A.; STAMFORD, N.P. Efetividade de estírpes selecionadas para feijão caupi em solo da região semi-árida do sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 105-110, 2008.

SNEDECOR, G.W.; COCHRAN, W.G. **Statistical methods**. 7. ed. Ames: The Iowa State University, 593 p., 1980.

TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T.J.; SANTOS, L.D.C.; SANTOS NETO, I.J.D.; ROCHA, F.A.; PAULA, A.D. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 60, p. 242-248, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000200013>

VELOSO, C.A.C.; SILVA, A.R.; CARVALHO, E.J.M. Adubação fosfatada e potássica para a cultura do feijão-caupi no Nordeste Paraense. *In: XXXIV Congresso brasileiro de ciência do solo*. Florianópolis, SC, p. 1-4, 2013.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; RAMOS JÚNIOR, E.U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100005>

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à pesquisa do Tocantins – FAPT, pela disponibilização da bolsa que permitiu a realização do experimento.

Capítulo 4

Resposta do milho (*Zea mays*) inoculado com bactérias solubilizadoras de fosfato

Jhonatan Borges Pereira¹

Eliane Regina Archangelo*²

Maria Eduarda A. Fontes³

Thadeu Teixeira Júnior⁴

Priscila Bezerra de Souza⁵

Weslany Silva Rocha⁶

Albert Lennon Lima Martins⁷

* Autor para correspondência: elianerarchangelo@gmail.com

Resumo

A produção de milho ocupa um importante lugar na agricultura mundial, e que tem se tornado uma das principais espécies cultivadas em todo território agrícola nacional, sendo base alimentar de diversos países e contribuindo para a econômica dos mesmos. Os microrganismos do solo são uma alternativa para otimizar a eficiência na utilização do fósforo pelas plantas, sendo capazes de transformar esse nutriente de fontes indisponíveis para fontes solúveis disponíveis. Existem várias tecnologias para aumentar a eficiência no uso dos nutrientes, dentre estas destacam-se os microrganismos solubilizadores de fosfato. Tendo em vista o maior desenvolvimento da cultura, e uma forma de diminuição de custo oriundo de produtos químicos utilizados para adubação fosfatada, a utilização de microrganismo solubilizadores de fósforo é uma possibilidade a ser adotada pelos produtores visando otimizar a produção e condução da lavoura do milho. Diante disso objetivou-se realizar um levantamento na literatura abordando resultados com respostas do milho inoculado com bactérias solubilizadoras de fosfato. O levantamento de dados foi realizado em sites, e base de dados como a Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Conab, Embrapa, Periódico CAPES e Google Acadêmico, utilizando-se das palavras chave: "A cultura do milho", "Importância do milho no agronegócio e economia brasileira", "Fósforo na planta e no solo", "Fósforo em solos do cerrado", "Bactérias solubilizadoras de fosfato". Os resultados dos estudos realizadas sobre o tema desse trabalho mostra que existe uma relevância na utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo na cultura do milho, uma vez que o fornecimento de adubos químicos realizado de forma isolada não expres-

1 Ex-acadêmico do Curso de Agronomia, Centro Universitário Católica do TO, Rodovia TO- 050, Loteamento Coqueirinho, Lote 7, CEP: 77020-000, Palmas - TO. Brasil. E-mail: jhonatan.agroborges@gmail.com

2 Professora do Curso de Tecnologia de Gestão em Agronegócio, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: elianerarchangelo@gmail.com

3 Acadêmica da FSW - Florida SouthWestern State College, Parkway FSW, 13301, Fort Myers, Flórida. e-mail: meafontes@gmail.com

4 Professor do Curso de Agronomia, Centro Universitário Católica do TO, Rodovia TO- 050, Loteamento Coqueirinho, Lote 7, CEP: 77020-000, Palmas - TO. Brasil. E-mail: thadeupesquisa@gmail.com

5 Professora do colegiado de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Tocantins, Rua 03, Quadra 17, Lote 11, s/n°Setor Jardim dos Ipês | 77500-000 | Porto Nacional/TO, Brasil. E-mail: priscilauft@uft.edu.br

6 Laboratório de Fitoterapia, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO, Brasil. E-mail: weslany.rocha@mail.uft.edu.br

7 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert. ll@unitins.br

sa o potencial total de disponibilidade de fósforo para o pleno desenvolvimento da cultura do milho, podendo haver perdas por indisponibilidade, não sendo totalmente eficaz para atingir altas produtividades.

Palavras-chave: Microrganismos, Bactéria, Fósforo.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais cultivado no mundo e tem grande relevância para a economia mundial referido ao alto valor nutricional de seus grãos e por ser de extrema utilização nas alimentações humana, animal e também como matéria-prima para diversos segmentos, sendo também de grande importância social, por seus derivados como alimento de baixo custo, e sua viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala sendo a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne (Morais *et al.*, 2017).

Na cultura do milho, assim como em qualquer outra para uma boa produção, é importante que o fornecimento dos nutrientes esteja adequado. O fósforo é um elemento químico de símbolo P, sendo um dos macros nutrientes mais importante para o pleno desenvolvimento da cultura. Na planta o fósforo tem a função fundamental na formação de ATP (trifosfato de adenosina), que é a principal fonte de energia para a realização da fotossíntese e também de transporte dos assimilados, divisão celular e carga genética da planta (Siqueira, 2020).

Notando a suma importância desse elemento, podemos afirmar que quando o solo apresenta uma deficiência de fósforo, acontece uma limitação direta no crescimento da planta e na produção da mesma (Siqueira *et al.*, 2020).

Existem várias tecnologias para aumentar a eficiência no uso dos nutrientes, dentre estas destacam-se os microrganismos solubilizadores de fosfato. Os inoculantes produzidos com estes microrganismos apresentam baixo custo, não causam danos ambientais e ainda podem ser usados para suplementar os fertilizantes químicos sintéticos (Kalayu, 2019; Oliveira *et al.*, 2020; Martins *et al.*, 2022).

Já se tem alguns produtos disponibilizados no mercado como o inoculante BiomaPhos® tem ação biológica e é uma solução quer foi através de uma parceria da EMBRAPA com a empresa BIOMA, desenvolvida para melhorar o desempenho e a nutrição da lavoura sem ser por meio de fertilizantes fosfatados que encarecem os custos para os produtores rurais (Paiva *et al.*, 2020).

Na utilização do produto, é associado à planta desde o início da formação das raízes, pois as bactérias presentes no produto se multiplicam e colonizam a rizosfera da planta através de duas cepas de bactérias que são a BRM 119 (*Bacillus megaterium*) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis*) (Paiva *et al.*, 2020).

Tendo em vista o maior desenvolvimento da cultura, e uma forma de diminuição de custo oriundo de produtos químicos utilizados para adubação fosfatada, a utilização de microrganismo solubilizadores de fósforo é uma possibilidade a ser adotada pelos produtores visando otimizar na produção e condução da lavoura do milho (Chagas Jr *et al.*, 2022).

O conhecimento sobre microrganismos solubilizadores de fósforo vem sendo uma opção no meio agronômico, e considerado um tema bastante inovador e de sucesso na utilização desses produtos em diversas culturas obtendo resultados positivos (Martins *et al.*, 2021). Portanto a literatura disponibiliza de informações acerca microrganismos auxiliadores do crescimento das plantas, porém disponibilidade de informações sobre microrganismos solubilizadores de fósforo na cultura do milho é relativamente escassa.

Portanto diante da relevância desse tema, existem uma necessidade de se avaliar estudos sobre o efeito de bactérias solubilizadoras de fósforo na cultura do milho. Diante disso, objetivou-se realizar um levantamento na literatura abordando resultados com respostas do milho inoculado com bactérias solubilizadoras de fosfato.

Metodologia

Este estudo se aprofunda em uma abordagem qualitativa, utilizando uma análise descritiva meticulosa para desvendar os meandros do tema em questão. A técnica de documentação indireta serve como base para a coleta de dados, percorrendo um caminho de revisão de literatura narrativa (Sampieri *et al.*, 2013).

A abordagem qualitativa se destaca por sua sensibilidade em desvendar a complexa teia de significados presentes em diferentes fenômenos. Em contraste com a pesquisa quantitativa, que se baseia em números e estatísticas, a qualitativa tece uma rica narrativa a partir de dados descritivos (Gil, 2008).

Para se obter os resultados propostos nos objetivos deste trabalho foram utilizadas técnicas buscando resultados em trabalhos já publicados. A forma de trabalho tem como método de pesquisa uma revisão bibliográfica visando a utilização de métodos explicativos, abrangente e avaliar criticamente os estudos individuais em uma revisão literária e documental de revistas, artigos acadêmicos, artigos científicos, teses de mestrado e doutorado, assim como sites oficiais.

A abordagem deste estudo será de maneira qualitativa já que assume critérios de qualidade na escolha dos trabalhos e fontes bibliográficas. A técnica de pesquisa empregada foi a documentação indireta, valendo-se da pesquisa documental, especificamente para a coleta de dados e pesquisa bibliográfica.

O estudo de literatura foi realizado nas bases de dados de sites, e base de dados como a Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Conab, Embrapa, Periódico CAPES e Google Acadêmico, bem como no portal de sites de agricultura e de tecnologias na agricultura, no período de janeiro a abril de 2024, utilizando as seguintes palavras chave: “a cultura do milho”; “importância do milho no agronegócio e economia brasileira”; “fósforo na planta e no solo”; “fósforo em solos do cerrado”; “bactérias solubilizadoras de fosfato”.

Esta revisão de literatura segue o modelo narrativo, definido por Cordeiro *et al.* (2007) como um método de pesquisa que busca outros estudos e pesquisas sobre o mesmo tema. Essa abordagem não exige critérios rígidos e sistemáticos para a busca e análise crítica dos dados, permitindo uma pesquisa

ampla e flexível. A seleção dos estudos é feita de acordo com a perspectiva do autor, possibilitando uma visão abrangente do tema em questão.

Para os resultados foram utilizados no total, 50 publicações buscadas nas bases de dados dos sites, revistas e livros e 25 selecionadas, que serviram como objeto de análise e discussão no estudo envolvido.

Resultados e discussão

A pesquisa em bases de dados, como descrito na metodologia, foi fundamental para reunir informações valiosas sobre o tema em questão. Vale ressaltar que, por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, a seleção dos estudos para a fundamentação teórica não seguiu um critério linear. Para facilitar a compreensão do trabalho, ele foi estruturado em tópicos cuidadosamente definidos a partir das principais temáticas abordadas. Essa organização permite que o leitor navegue pelo conteúdo de forma fluida e intuitiva, explorando cada tema em sua devida profundidade.

Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea pertencente à família da *Poaceae*, sendo considerada a segunda maior cultura de importância nutricional e econômica na produção agrícola no Brasil, tendo indícios de que sua origem tenha sido no Continente Americano, (Morais *et al.*, 2017). É uma planta que utiliza de vias C4, sendo uma planta bastante eficiente no uso da água, e suas características botânicas e morfológicas favorecem a adaptação aos diversos ambientes (Pinho; Santo; Pinho, 2017).

Além disso é um dos principais cereais cultivado no mundo e tem grande relevância para a economia mundial referido ao alto valor nutricional de seus grãos e por ser de extrema utilização nas alimentações humana, animal e também como matéria-prima para diversos segmentos, sendo também de grande importância social, por seus derivados como alimento de baixo custo, e sua viabilidade de cultivo tanto em grande quanto em pequena escala sendo a base de várias cadeias agroindustriais, como a da carne (Morais *et al.*, 2017).

O milho é uma das culturas mais cultivadas no estado do Tocantins sendo bastante importante na economia e no setor agrícola do estado, se destacando cada vez mais na sua produção. Na sua maior parte, o milho é cultivado como segunda safra, sendo bastante conhecido também como milho safrinha. Devido à necessidade de incremento na produtividade agrícola, o suprimento das necessidades nutricionais na cultura do milho, se tornou fator importante e primordial na pesquisa (Cabral, 2020).

Importância do milho no agronegócio e economia brasileira.

O milho é um dos cereais mais importantes do mundo, servindo como base para a alimentação humana e animal. Possui múltiplos usos, e a sua principal utilização é para nutrição de animais monogástricos. Essa ampla utilização do milho para nutrição animal é evidenciada através do constante crescimento dos índices de produção de suínos e aves, e apesar de sua principal utilização ser como fonte de energia para estes animais, o milho pode ser empregado como matéria-prima em diferentes segmentos e produtos de forma direta ou indireta (Morais *et al.*, 2017).

Para Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) a produção total de milho chegou a 119,1 milhões de toneladas na safra 2023/2024, havendo redução de 5% na área total a ser cultivada, calculada em 21,1 milhões de hectares. Do total produzido 84,5 milhões de toneladas do cereal deverão ser consumidos internamente ao longo de 2024, isto significa, um crescimento de mais de 6% quando comparado à safra anterior (CONAB, 2024).

O aumento da produção de milho no Tocantins consolida o estado como um importante polo do agronegócio brasileiro, com potencial para contribuir ainda mais para o desenvolvimento do país. A área plantada na primeira safra de milho no Tocantins cresceu 26,4%, impulsionando a expectativa de um aumento significativo na produção. A produtividade do grão também deve subir 7%, contribuindo para um cenário promissor para a safra atual (CONAB, 2024).

O milho possibilita alto rendimento de massa verde e qualidades nutricionais que possibilitam produções de silagem com alto valor nutritivo e o uso de cultivares adaptadas às condições locais são as responsáveis pelos altos ganhos. Além dessas características busca-se aquelas que tenham elevada produção de matéria seca por hectare bem como altos teores de carboidratos solúveis, sendo que estas características permitem um bom valor nutritivo à silagem maximizando o consumo pelos animais (Jaremtchuk *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2020; Janini *et al.*, 2020).

Para que se tornasse possível alcançar essas características, a genética tem uma imensa responsabilidade, ela está representada pela semente onde guarda a maior fonte de tecnologia. Atualmente a semente é o maior veículo de tecnologia. Nela está contido um conjunto de características agronômicas que permitem que os agricultores alcancem ilimitados índices de produtividade em boa parte do território brasileiro. Assim, a capacidade de adaptação às diferentes regiões, tipos de solo, níveis de fertilidade, época de plantio, altitude, tolerância às doenças e às pragas, além de outras características, estão diretamente ligadas à genética (Peixoto, 2010).

Além da grande importância econômica, a cultura do milho assume um papel social fundamental na agricultura familiar, devido ao seu alto valor energético e pela facilidade em ser diretamente utilizado para o consumo humano, produtos e/ou derivados do mesmo. Além disso, através do milho existe o artesanato e também o apelo cultural, sendo a atração principal em reuniões, eventos, festejos e confraternizações realizadas em todo o País (Morais *et al.*, 2017).

Fósforo na planta e no solo

O fósforo é um macronutriente que age diretamente na fotossíntese, na respiração, divisão celular, no alongamento das células e também na transferência de energia, atuando também diretamente em vários outros processos internos e externos da planta (Taiz *et al.*, 2017). Atuante direto no crescimento das raízes, desenvolvimento das plântulas, potencializa a eficiência do uso da água fazendo com que a planta tenha maior resistência em períodos de estiagem mais intensos, e está diretamente relacionado nos processos de produtividade, colheita e qualidade de frutos (Lopes, 1998).

Na grande maioria os solos brasileiros, apresentam baixa fertilidade natural, e o fósforo sendo um dos nutrientes essenciais para as plantas é um elemento imóvel no solo que muitas vezes se encontra adsorvido em formas de fosfato de Fe e Al, tornando indisponível para as plantas (Teixeira *et al.*, 2014).

Os solos brasileiros também apresentando óxidos de ferro, alumínio, e também tendo na sua composição a argilas do tipo caulinita, que em relação a solos com base ácida a moderada contém cargas positivas, causando a retenção da maioria dos íons fosfatos presente no solo (Valladares; Pereira; Anjos, 2003).

No solo, a presença do fósforo em relação ao interesse agronômico e ambiental é formado por derivados de ácido fosfórico, e também pode ser composto dos pirofosfatos. Esses minerais que são oriundos das rochas e são liberados durante o processo de intemperismo físicos sobre as rochas formando assim os minerais secundários estáveis (Santos; Gatiboni; Kaminski, 2018).

O fósforo é um dos elementos que mais é limitante ao desenvolvimento e crescimento das plantas, é um dos nutrientes que está diretamente ligado ao vigor e seu desenvolvimento (Malavolta, 1980).

Em função desse elemento ser um limitante na produção e apresentar deficiência na maioria dos tipos de solos brasileiros, a prática da adubação tem um papel fundamental para o estabelecimento e manutenção das lavouras (Carneiro *et al.*, 2017).

Os processos geoquímicos e biológicos transformam os fosfatos naturais em formas orgânicas e inorgânicas estáveis e transferem o fósforo entre os compartimentos do ambiente (Rheinheimer; Colpo; Kaminskii, 2018).

A importância do fósforo para a sobrevivência da planta tem promovido o desenvolvimento de mecanismos de adaptação da planta para melhorar seu acesso às fontes de fósforo. A concentração do fósforo na solução do solo geralmente é baixa, porque ele é rapidamente adsorvido nas superfícies dos colóides e também podem ser precipitados como fosfatos de cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe) e alumínio (Al) (Corrêa *et al.*, 2004).

A grande maioria do fósforo no solo move até as raízes da planta mais por difusão que por fluxo de massa. Por esse movimento ser restrito do fósforo no solo por difusão até as raízes, a difusão geralmente é considerada como o fator que limita a absorção de fósforo pelas plantas. Estima-se que o fósforo se move por difusão, em média, somente 1-2 mm; desta maneira, apenas o fósforo que se encontra nessa pequena distância das raízes está disponível para ser absorvido (Souza *et al.*, 2006).

Os fosfatos naturais reativos surgem como alternativas às fontes solúveis, com o fato de que possuem menor disponibilidade de fósforo para as plantas, principalmente nos estádios iniciais de desenvolvimento, mas com a vantagem de um maior efeito residual no solo (Ladeira *et al.*, 2020)

A maior demanda da absorção de macronutrientes acontece durante o florescimento e início de enchimento dos grãos. De fato, a deficiência de P no solo diminui o potencial de rendimento nos estádios reprodutivos iniciais, como o florescimento, menor produção de flores e maior aborto dessas estruturas, esse efeito da deficiência também continua se mostrando na menor formação de quantidade e maior aborto de frutos, ocasionado a diminuição do potencial de rendimento dos grãos. Com isso, a obtenção de desenvolvimento vegetal e das produtividades satisfatórias são altamente dependentes da utilização de fertilizantes fosfatados (Pessoa, 2020).

Visando colaborar a essa questão Duarte (2013) afirma que o fósforo desenvolve um papel primordial e respeitável no que diz respeito ao desenvolvimento das gramíneas, porém em sua ausência a taxa de crescimento no início da formação das estruturas da planta limitam sua capacidade de produção.

Já para Rodrigues, Dionísio e Costa (2018) nos mostra que a falta desse nutriente pode levar a planta uma paralisação total do seu desenvolvimento. É indispensável assegurar uma elevada eficiência em fertilizantes fosfatados através de doses apropriadas para estabelecer a manutenção da planta.

Além disso, existem fungos e bactérias que são capazes de solubilizar o P das fontes fosfatadas, liberando-o para a solução do solo para ser absorvido pelas raízes das plantas (Ribeiro *et al.*, 2018), podendo melhorar a eficiência dos fosfatos de rocha e ofertando uma alternativa às fontes solúveis, além de resultar em ganhos de produtividade das culturas. O efeito positivo destes microrganismos no solo e na planta já foram comprovados por diversos estudos (Paiva *et al.*, 2017; Martins *et al.*, 2021, Chagas *et al.*, 2022).

Fósforo em solos do cerrado

No cerrado, os solos se caracterizam como ácidos e apresentam pouca fertilidade, altos teores de alumínio, presença de óxidos de ferro, característicos das rochas de origem e determinantes das colorações amareladas e avermelhadas dos solos (Eberhardt *et al.*, 2008).

As inundações ocorridas nesses solos promovem aumento no valor do pH e a redução do Fe^{3+} para Fe^{2+} , reação que reduz a capacidade de adsorção de ânions isso possibilita a solubilização de parte do P ligado ao ferro (Pavan e Miyazawa, 1983). Efeito contrário ocorre quando o solo volta a ser aerado e os óxidos passam a apresentar menor cristalinidade, o que representa maior reatividade proporcionando aumento na sorção do fósforo (Hernández e Meurer, 1998).

Assim, enquanto há o uso de adubação de fósforo, seguido ao evento de fixação de fósforo juntamente ao demais integrantes do solo, o fósforo se apresenta em menor quantidade para os vegetais. De forma comum, a acumulação de fósforo na solução é muito boa (Vance *et al.*, 2003).

Entretanto, nessas regiões observa-se a possível situação do fósforo em complexar basicamente junto aos cátions no solo e por sua propagação lenta, gerando uma região de depleção, a qual resulta na dificuldade de as raízes interceptar esse nutriente. Com isso, atenta-se a baixa quantidade do fósforo no solo em que ele deve sempre ser suprido para ocasionar a nutrição da planta (Resende *et al.*, 2006).

Com a adubação fosfatada, o fósforo disponibilizado passa para o solo e, após, para a fase sólida em que é transformado primeiramente em fósforo (imediatamente livre para absorção). Após esse período este se transforma para formas não lábeis, sendo não acessível para aproveitamento direto pelas plantas (Carneiro *et al.*, 2004).

Contudo, vários métodos e mecanismos estão amplamente atrelados à habilidade dos vegetais em resgatar o fósforo do solo: área das raízes por associações micorrízicas, melhoria do aumento do sistema radicular lateral pela influência por fitohormônios, excreção de íons H⁺, mudanças da harmonia de adsorção que gera transição de fósforo para a solução do solo ou incremento da mobilidade de formas orgânicas de fosforo (Pereira *et al.*, 2020).

Quanto aos estímulos de processos metabólicos, observa-se que estes são efetivos na solubilização e mineralização de fósforo através de formas não lábeis de fósforo inorgânico e orgânico, liberação de ácidos orgânicos, geração de sideróforos e de enzimas fosfatases capazes de hidrolisar o fósforo sendo estes facilitados por agentes solubilizadores (Santos e Kliemann, 2005; Costa *et al.*, 2018).

Bactérias solubilizadoras de fósforo

Visando atender a necessidade do aumento da produtividade agrícola, tornou-se essencial o avanço da tecnologia para suprir necessidades nutricionais para as diversas culturas. Pelo fator da fertilidade dos solos ser limitada pela baixa disponibilidade natural de fósforo a utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo tem sido uma prática importante (Carneiro *et al.*, 2004).

Dentre várias formas que possibilitam o aumento na produtividade da utilização do fósforo, destaca-se a influência dos microrganismos solubilizadores. Dentre isso, muitos microrganismos do solo apresentam a habilidade de solubilizar fósforo e ocasionar uma melhor qualidade nos vegetais (Carneiro *et al.*, 2004).

Visivelmente, interações planta-microrganismo são complicadas e, com escassas restrições, têm se mostrado de difícil controle. Infelizmente, devido à característica duvidosa de alguns dos experimentos realizados, a grande maioria dos resultados adquiridos, especialmente, no campo, foi contraditória. Assim, o desafio continua, para que, dessa forma, as explorações de processos microbiológicos favoreçam para melhorar a mobilização do fósforo (EMBRAPA, 2012).

Entre as bactérias que atuam na solubilização do fósforo inorgânico, estão presentes em um grande número de ambientes de importância ecológica. Muitas bactérias deste gênero foram isoladas dos solos e mostraram uma relação simbiótica com a rizosfera das plantas (Payne *et al.*, 2006).

Como apresentado por Carneiro *et al.* (2004), os microrganismos no solo são extremamente fundamentais no ciclo biogeoquímico do fósforo e na disponibilidade desse nutriente para as plantas, que através do fluxo de fósforo pela biomassa microbiana, a solubilização do fósforo inorgânico, a mineralização do fósforo orgânico e a associação entre plantas e fungos micorrízicos.

Os microrganismos presentes no solo (como bactérias e fungos) desempenham um papel fundamental no ciclo natural do P, pois são responsáveis pela transformação do fósforo para a formas inorgânicas, podendo ser utilizadas pelas plantas. Esses processos são feitos por enzimas (Sobral *et al.*, 2003). Eles têm a capacidade de promover mudanças nos efeitos bioquímicos dos nutrientes e sua grande importância na produção pois fornece os nutrientes mais necessários para plantas, principalmente nitrogênio, fósforo e enxofre (Paul e Clark, 1989).

Microrganismos conhecidos como endofíticos, que podem ser considerados como bactérias e fungos podendo ser encontrados no interior das plantas, como em ramos, raízes e folhas, e que não causam prejuízos para os seus hospedeiros. Fazendo uma troca benéfica onde recebe os nutrientes e proteção da planta, enquanto a planta recebe dessa troca substâncias químicas, como o antibiótico e enzimas que, em determinadas vezes protegem e auxiliam a planta (Chalis; Hapwwod, 2003).

Outras vantagens que podem ser obtidas através do uso destes microrganismos como bioinoculantes, capacidade de disponibilizar o fósforo complexado a Ca, Fe e Al no solo, principalmente pela liberação de ácidos orgânicos (Oliveira *et al.*, 2009), e também na mineralização do fósforo orgânico presente no solo e resíduos orgânicos liberando enzimas fosfatases (Mander *et al.*, 2012).

Embora constate-se uma vasta existência de microrganismos solubilizadores de fósforo no solo, estes estão em pouca quantidade para competirem contra outros microrganismos presentes no interior dele. Assim, o fósforo liberado é baixo para ocasionar o aumento substancial do vegetal (Richardson, 2001).

Uma forma para aumentar a quantia de fósforo disponibilizado, a inoculação de vegetais com microrganismos (biofertilizantes) e em quantidade superior à normalmente presente no solo tem sido utilizada para garantir o proveito das substâncias na solubilização de fosfato (Souchie *et al.*, 2007).

Bactérias e fungos são amplamente conhecidos por serem capazes de solubilizar fósforo no processo conhecido como biomíneralização. As bactérias representam o domínio biológico mais diversos, embora os fungos sejam mais eficazes na solubilização de fósforo (Alam *et al.*, 2002).

Da população microbiana no solo as bactérias solubilizadoras de fósforo constituem de 1 a 50%, já os fungos solubilizadores de fósforo representam somente 0,1 a 0,5% em potencial de solubilização (Chen *et al.*, 2006).

No processo de disponibilização do fósforo para as plantas pelas bactérias, existem várias técnicas moleculares que podem ser utilizadas para detectar e isolar bactérias eficazes na solubilização do fósforo, além disso as bactérias que têm capacidade de dissolver o fósforo apresentam vantagens para o desenvolvimento das plantas quando é inoculada junto a semente (Inui, 2009).

O produto desenvolvido pela parceria público-privada para a solubilização de fósforo é um produto líquido que apresenta um aumento da produtividade além da sustentabilidade por ser biológico, indicado para tratamento de sementes com aplicação via jato dirigido ou conduzido no sulco. É capaz de ampliar a absorção de P pelos vegetais além de atuar na mineralização do fósforo presente na matéria orgânica do solo, disponibilizando uma grande parte desse elemento para o cultivo essas bactérias colonizam e multiplicam-se a rizosfera da planta (Paiva *et al.*, 2020).

Segundo a pesquisadora do departamento de Microbiologia do Solo da Embrapa Christiane Paiva, as cepas das bactérias *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) conseguem fazer com que maior quantidade de fósforo seja absorvida pelas raízes, recebendo em troca compostos fundamentais para o crescimento bacteriano, como fontes de carbono, em especial açúcares e ácidos orgânicos (Paiva *et al.*, 2020)

Esses além de oferecer custos menores, não causam danos ao meio ambiente e podem ser empregados na suplementação dos fertilizantes. Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo identificaram e selecionaram duas bactérias (*Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*) que são capazes de solubilizar minerais ou mineralizar formas orgânicas de fósforo presente na solução do solo, e disponibilizar o fosfato solúvel, contribuindo para a nutrição das plantas e resultando em aumento de produtividade (Paiva *et al.*, 2020).

Quando adicionado o inoculante pode alongar a ciclagem dos nutrientes e aumentar a liberação do fósforo presente na matéria orgânica enriquecendo o solo biologicamente. Contudo eles apresentam mecanismos para aceleração no crescimento dos vegetais. Em pesquisas realizadas pela Embrapa mostra que existe bastante fósforo nos solos, porém encontram-se inertes por isso não podem ser absorvidos pelas plantas. Uma vantagem diferenciada é a estabilidade do inoculante por conta da formação de esporos quando se trata das bactérias escolhidas, e isso permite uma melhor adequação a condições extremas, como temperaturas, ph ou exposição a pesticidas (EMBRAPA, 2019).

Dentre os diversos trabalhos desenvolvidos com o objetivo de buscar alternativas para suprir as necessidades de fósforo nas plantas com um menor custo, a solubilização de fosfato por microrganismos solubilizadores de fosfato tem se destacado por desempenharem um importante papel no suprimento de fósforo às plantas (Duarte *et al.*, 2014).

Um estudo realizado por Oliveira *et al.* (2020), com o objetivo de realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica da aplicação do desses microrganismos no rendimento das culturas do milho e soja em diferentes regiões produtoras do País. Ao realizarem a aplicação do inoculante na dose de 100 mL ha na semente, concluíram que houve ganhos significativos de produção, e na cultura do milho foi de 8,6%, representando um ganho médio de 11,9 sacas por hectare.

Os dados levantados pela pesquisa realizada por Paiva *et al.* (2020), onde avaliou o efeito na produtividade de grãos de milho em condições de campo após a inoculação com as bactérias isoladas conhecidas como *Bacillus subtilis* B2084 e *B. megaterium* B119, aplicadas isoladamente ou em mistura, concluíram assim que as cepas foram eficientes no aumento da produtividade dos grãos de milho em relação aos tratamentos que não receberam a inoculação e com adubação fosfatada. Considerando esses fatores concluíram assim com um ganho médio na produtividade com a inoculação foi de 8,9%.

Em quase 20 anos de estudos realizados pela Embrapa Milho e Sorgo em parceria com a empresa Bioma, resultaram no desenvolvimento do produto comercial BiomaPhos®, um inoculante formulado com as Cepas *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084 (BRM034840)) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119 (BRM033112)), concluindo assim a primeira tecnologia para a solubilização de fósforo em diversas culturas no Brasil. O produto contém a tecnologia da Embrapa para aumentar a eficiência do uso do fósforo por meio dos microrganismos, o que irá resultar em menores doses de fertilizante e consequentemente menor dispêndio de energia na produção e transporte concentrando essa energia para o aumento da produtividade das culturas, o que resultará no decréscimo da pressão sobre novas áreas (Oliveira *et al.*, 2020).

Ao avaliar a dinâmica da ação das enzimas fosfatases em solo rizosférico do milho sendo cultivados em diversos tipos de manejo e adubação, onde tratamento sem adubação mostrou uma maior atividade das enzimas com ação biológica no solo pertinentes a ciclagem de fósforo, concluindo assim que as bactérias utilizadas nesse estudo têm potencial útil para acrescentar valor ao fosforo de baixa solubilidade, potencializando na agricultura a utilização como fonte de fosforo (Abreu *et al.*, 2018).

Em vários estudos da Embrapa, mostram ganhos em produtividade na utilização de microrganismos solubilizadores de fosfato em lavouras experimentais e comerciais, também demonstra um acréscimo de cerca de 19% na exportação do elemento fosfatado deslocados para os grãos, fato que pode ter elevados ganhos na produtividade da planta (Oliveira *et al.*, 2020).

A maior utilização de fosforo pela planta nos primeiros estádios de desenvolvimento se dá pelo constante desenvolvimento do sistema radicular, e pela atuação de solubilizar o fósforo que está na rizosfera, viabilizando uma eficiência na absorção da adubação fosfatada e de fósforo não disponível na rizosfera, propiciando um melhor vigor e arranque da plântula, convertendo-se em uma exportação de fósforo maior (Sousa *et al.*, 2020).

Araújo (2011) verificou em seus estudos que uso de fosfatos reativos associados com resíduos orgânicos, quando adicionado com esses microrganismos tem ocasionado resultados satisfatórios na solubilização de fósforo, e que a presença da matéria orgânica disponibiliza fósforo por meio da liberação de fosfatos insolúveis através da atividade microbiana saprofítica.

Já em um estudo realizado por Ramos *et al.* (2018) onde foram isolados bactérias a partir de solo rizosférico e não rizosférico nas entrelinhas da cultura do milho para avaliar o potencial de solubilização de fosforo inorgânico dos isolados bacterianos, concluindo que houve maior densidade e diversidade de bactérias heteróficas cultiváveis no solo rizosférico do que no solo não rizosférico, além de que os resultados da pesquisa indicarem uma elevada funcionalidade da microbiota rizosférica em comparação a microbiota não rizosférica.

No trabalho realizado por Carneiro *et al.* (2004), teve como objetivo avaliar a influência de vários sistemas de cultivo como o plantio direto, plantio convencional e de plantas de cobertura sobre indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo, teve como resultado que o sistema de plantio direto e o plantio de cobertura do solo com o uso do guandu, condicionam um ambiente mais favorável à atividade e

à ocorrência de microrganismo solubilizadores de fosfato, podendo favorecer a disponibilidade de fósforo no cultivo do milho.

Ao avaliar a população de microrganismos solubilizadores de fosfato de cálcio na rizosfera de milho em solos de diferentes agrossistemas, Duarte *et al.* (2014) conclui que houve maior densidade populacional de bactérias do que de fungos e que os solos sob manejo agroecológico tiveram uma maior atividade microbiológica, favorecendo a população desses indivíduos.

Considerações Finais

Após as análise e discussão dos trabalhos consultados, pôde-se considerar que a utilização de inóculantes solubilizadores de fosfato com bactérias do gênero *Bacillus* auxiliam o pleno desenvolvimento das culturas por consequência da solubilização fósforo não disponível e posteriormente disponibilizando para as plantas.

Tendo em vista então o trabalho proposto, observou-se que as pesquisas realizadas apontam que existe uma significativa e positiva relevância quanto ao uso dos microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura do milho, uma vez que a adubação química realizada de forma única e isolada não apresenta todo potencial de disponibilidade do fosforo para o desenvolvimento da cultura, consequentemente podendo haver perda na sua utilização e eficaz para atingir um vigor excelente na germinação, possibilitando a planta a fazer uma absorção mais efetiva de fosforo propiciando a elevadas produtividades.

Na busca dos resultados verificou poucos trabalhos encontrados tendo em vista o tema buscado, o que necessita de maiores investigações. Em se tratando de uma revisão bibliográfica, integrativa os objetivos específicos foram alcançados dentro dos limites da literatura e de busca.

Referências

- ABREU, C. S. de, FIGUEIREDO, J. E. F., OLIVEIRA-PAIVA, C. A., SANTOS, V. L. dos, GOMES, E. A., RIBEIRO, V. P., BARROS, B. de A., LANA, U. G. de P., MARRIEL, I. E. Maize endophytic bacteria as mineral phosphate solubilizers. *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2017.
- ABREU, C. S. de. **Seleção e caracterização de bactérias endofíticas isoladas de plantas de milho com potencial para a biossolubilização de rochas fosfáticas**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São João DelRei, Sete Lagoas – MG, 2014. Disponível em: [https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/DISSERTACAO%20CRISIA\(2\).pdf](https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/DISSERTACAO%20CRISIA(2).pdf). Acesso em: 02 mar. 2023.
- AGROCAMPO, 2019, **BiomaPhos: o primeiro solubilizador de fósforo do Brasil**. Disponível em: <<https://revistaagrocampo.com.br/noticia/eventos/biomaphos-o-primeiro-solubilizador-de-fosforo-do-brasil/#:~:text=Primeiro%20solubilizador%20de%20f%C3%B3sforo%20do%20Brasil%20ser%C3%A1%20lan%C3%A7ado%20em%20Cruz,esses%20fosfatos%20para%20a%20planta>>. Acesso em: 26 mai. 2023.
- MARTINS, A. L. L.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; CHAGAS, L. F. B.; OLIVEIRA, R. S. DE; SOUZA, M. C.; GOMES, F. L.; GIONGO, M.; SCHEIDT, G. N. “Phosphate solubilization, indole acetic acid synthesis and biocontrol by *streptomyces* isolates”, *International Journal of Development Research*, 11, (12), 52380-52386. DOI: <https://doi.org/10.37118/ijdr.23554.12.2021>
- ARAUJO, F. F. de. **Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado**. Acta Scientiarum Agronomy, Maringá-PR, v. 33, ed. 2, p. 355-360, 2011. DOI: 10.4025/actasciagron.v33i2.1021.
- BARROTI, G.; NAHAS, E. **População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p. 2043-2050, 2000.
- BIOMA, **BIOMAPHOS**. Produto Biomaphos. [S.I.] 2019. Disponível em: <<https://www.bioma.ind.br/product/bioma-phos>> Acesso em: 01 mar. 2023.
- CANAL RURAL. **Inoculante biológico pode elevar produção de milho em até 10 sacas/hectare**. Tecnologia Brasileira, Site, p. 1-1, 14 set. 2019. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/inoculante-biologico-elevar-producao-milho/>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- CHAGAS JR, A. F.; LUZ, L. L.; MARTINS, A. L. L.; QUEIROZ, A. S. B.; CHAGAS, L. F. B.; GIONGO, M., ... SCHEIDT, G. Alterações morfofisiológicas na cultura do arroz e milho ocasionados pelo *Trichoderma asperellum*. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.10, n. 4, p. 287–296, 2022. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v10n4.chagasjunior>
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 9, nono levantamento, junho. 2021.
- DALL'AGNOL, A.; MEIRELLES, W. F. **Milho, uma nova história de sucesso no agronegócio brasileiro**. Canal Rural, [S. I.], p. 1-1, 24 jun. 2019. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embra-pasoja/2019/06/24/milho-uma-nova-historia-de-sucesso-no-agronegocio-brasileiro/>. Acesso em: 11/10/2023.
- INIU, R. N. (2009). **Isolamento e identificação de bactérias solubilizadoras de fosforo e produtoras de auxinas em solo com cana-de-açúcar**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinarias, Jaboticabal.

SANTOS, E. DE A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, p. 139-146, 2005.

DUARTE, G. M.; CERIBELI, M. G. A.; CARDOSO, A. M.; DORNELLES, M. S.; SOUCHIE, E. L. População de microrganismos solubilizadores de fosfato de cálcio na rizosfera de milho transgênico e crioulo, cultivados com solo de agroecossistemas em Urutáí, GO. **Resumos do IV Seminário de Agroecologia**, Brasília-DF, v. 9, ed. 3, p. 1-4, 2014.

DUARTE, J. DE O.; MATTOSO, M. J.; GARCIA, J. C. **Importância Socioeconômica do Milho**. Brasília-DF, 2008. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html#. Acesso em: 3 nov. 2023.

EMBRAPA. **Deficiência de fósforo nos solos de Cerrado é tema de simpósio**, 2006. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17994284/deficiencia-de-fosforo-nos-solos-de-cerrado-e-tema-de-simposio> Acesso em: 28 abr. 2023.

FRANDOLOSO, J. F.; LANA, M. DO C.; FONTANIVA, S.; CZYCZA, R. V. Eficiência de adubos fosfatados associados ao enxofre elementar na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 57, ed. 5, p. 686-694, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000500019>.

Gil, A. C. (2008). Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. (6^a ed.) Editora Atlas.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Potafós**, Piracicaba, nº 95, p. 1-5, 2001. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf). Acesso em: 11 out. 2023.

HERNÁNDEZ, J.; MEURER, E.J. Adsorção de fósforo e sua relação com formas de ferro em dez solos do Uruguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p. 223-230, 1998.

HOFFMANN, J. H. **Agroindústria Soja e Milho**. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

JANINI, M. A.; CRUCIOL, G. C; CATALANI, G.; PERSEGIL, E. O.; BARROS, L. M. Doses crescentes de fertilizante mineral no tratamento de sementes de milho. **Enciclopedia Biosfera**, v.19, n.40, 2022. DOI: [10.18677/EnciBio_2022B14](https://doi.org/10.18677/EnciBio_2022B14)

MARTINS, A. L. L., MELO, B. S., SILVA, C. L. S., FERNANDES, H. E., QUEIROZ, A. S. B., E JÚNIOR, A. F. C. Desempenho de mudas de alface sob doses de inoculante biológico solubilizador de fósforo. **Agri-Environmental Sciences**, v.8, n.2, p. 8-8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v8i2.7945>

MORAIS, P. P.; GRANATO, Í. S. C.; FRITSCHE-NETO, R. Milho Silagem. In: GALVÃO, João Carlos Cardoso; BORÉM, Aluizio; PIMENTEL, Marco Aurélio. **Milho: do plantio à colheita**. 2^a. ed. Viçosa-MG: UFV, 2017. cap. 10, p. 229-246. ISBN 978-85-7269-583-1

NAHAS, E.; FORNASIERI, D.J.; ASSIS, L.C. Resposta à inoculação de fungo solubilizador de fósforo em milho. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 51, ed. 3, p. 463-469, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sa/v51n3/13.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2023.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; MATTOS, B. B.; SANTOS, F. C. dos; OLIVEIRA, M. C.; ALVES, V. M. C. **Metodologia de aplicação de microrganismos solubilizadores de fósforo em sementes visando melhor aproveitamento deste nutriente pelas plantas.** Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2013.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL. I. E.; GOMES, E. A., SOUSA, S. M. de; LANA, U.G.P.; SANTOS, F. C.; PINTO JÚNIOR, A. S.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020a. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 210).

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JÚNIOR, R. **Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020b.

PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. **Química de solos inundados.** Londrina, IAPAR, 1983. Separata de Treinamento em arroz irrigado e alternativas agrícolas em várzeas. Londrina, IAPAR, 1983. p.5-20.

PEIXOTO, C. de M. **Avanços tecnológicos da cultura do milho no Brasil.** Artigos, Site, p. 1-1, 30 dez. 2010. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/128/avancos-tecnologicos-da-cultura-do-milho-no-brasil>. Acesso em: 25 out. 2023.

PINHO, R. G. V.; SANTO, Á. de O.; PINHO, I. V. V. Botânica. In: GALVÃO, João Carlos Cardoso; BORÉM, Aluizio; PIMENTEL, Marco Aurélio. **Milho: do plantio à colheita.** 2ª. ed. Viçosa-MG: UFV, 2017. cap. 2, p. 25-48. ISBN 978-85-7269-583-1.

PIONNER. **Milho é uma das principais fontes de alimento do brasileiro com importância estratégica no agronegócio.** Notícias, Site, p. 1-1, 24 maio 2016. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/media-center/noticias/4631/milho-e-uma-das-principais-fontes-de-alimento-do-brasileiro-com-importancia-estrategica-no-agronegocio>. Acesso em: 12 out. 2023.

POTAFOS, 2001, **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta.** Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/\\$FILE/Page1-5-95.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/43C5E32F5587415C83257AA30063E620/$FILE/Page1-5-95.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2023.

RAMOS, Rodrigo Ferraz. et al. Diversidade funcional de bactérias isoladas de solos rizosférico e não rizosférico em cultura de milho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Santa Catarina - RS, v. 17, ed. 3, p. 417-427, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811711732018417>.

RESENDE, A.V. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado.** 2004. 169p. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de pesquisa.** 5 ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, D. R. DOS; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria - RS, v. 38, v. 2, p. 576-586, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v38n2/a49v38n2.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2023.

SILVA, A. S.; OLIVEIRA, M. DE; MOURA, M. F. DE; SILVA, S. P. DA. Efeito da Adubação Verde na Qualidade Nutricional do Milho (*Zea mays L.*). **Revista Geama**, v.6, n.1, p. 31–37, 2020. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/2808>. Acesso em: 08 de out. 2023.

SILVA, Ana *et al.* **Ocorrência de bactérias solubilizadoras de fosfato nas raízes de plantas de importância econômica em Manaus e Rio Preto da Eva, Amazonas, 2011.** Disponível em: <<https://sistemas.uff.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/222>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

SOUSA, DJALMA *et al.* **Eficiência de uso do fósforo por soja e milho em Latossolo do Cerrado em função do sistema de manejo do solo e da adubação fosfatada por um longo período, 2015.** Disponível em: <https://www.sbccs.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1133.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** Artmed Editora.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. DOS. **Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa.** Bragantia, Campinas-SP, v. 62, v. 1, p. 111-118, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v62n1/18507.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2023.

VIANA, G. **Produto com tecnologia brasileira pode reverter dependência externa por adubos fosfatados.** Produção Vegetal, Brasília-DF, p. 1-1, 20 ago. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/45773416/produto-com-tecnologia-brasileira-pode-reverter-dependencia-externa-por-adubos-fosfatados>. Acesso em: 11 out. 2023.

Capítulo 5

Respostas do milho segunda safra ao uso de bactérias solubilizadoras de fósforo e fixadoras biológicas de nitrogênio

Eduardo Borge Napp¹

Eliane Regina Archangelo*²

Maria Eduarda A. Fontes³

Priscila Bezerra de Souza⁴

Weslany Silva Rocha⁵

Albert Lennon Lima Martins⁶

* Autor para correspondência: elianerarchangelo@gmail.com

Resumo

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

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

1 Ex-acadêmico do Curso de Agronomia, Centro Universitário Católica do TO, Rodovia TO- 050, Loteamento Coqueirinho, Lote 7, CEP: 77020-000, Palmas - TO. Brasil. E-mail: eduardo.ebn@gmail.com

2 Professora do Curso de Tecnologia de Gestão em Agronegócio, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: elianerarchangelo@gmail.com

3 Acadêmica da FSW - Florida SouthWestern State College, Parkway FSW, 13301, Fort Myers, Flórida. e-mail: meafontes@gmail.com

4 Professora do colegiado de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Tocantins, Rua 03, Quadra 17, Lote 11, s/nºSetor Jardim dos Ipês. CEP 77500-000. Porto Nacional/TO, Brasil. E-mail: priscilaft@uft.edu.br

5 Laboratório de Fitoterapia, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO, Brasil. E-mail: weslany.rocha@mail.uft.edu.br

6 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert. ll@unitins.br

Introdução

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

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

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

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

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

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

Material e Métodos

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

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

pH	P	S	Cu	Fe	Mn	Zn	K	Ca	Mg	A1	H+A1	T	M.O.	V	Argila	Silte	Areia
CaCl ₂	-----	mg.dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	dag.kg ⁻¹	-----	-----	-----	-----
5,67	6,93	5,42	0,38	24,75	0,48	1,82	0,28	1,50	0,92	0,00	1,65	4,36	1,48	61,97	27,5	6,88	65,62

Fonte: Próprio autor.

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados composto por 7 tratamentos e 4 repetições (Tabela 2). Os inoculantes foram aplicados no tratamento de sementes (TS), onde o microrganismos fixador biológico de nitrogênio (FBN) foi *Azospirillum brasiliense* (NodusGreenAZ[®]) e os solubilizadores de fósforo (MBP) foram *Bacillus megaterium* (cepas BRM 119) e *Bacillus subtilis* (BRM 2084) (BiomaPhos[®]). Todos foram aplicados a uma concentração de 100 mL.ha⁻¹ para cada 50 Kg de semente⁻¹.

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

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

Fonte: Próprio autor.

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

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

A semeadura foi realizada com uma semeadeira de 10 linhas (5 metros de comprimento e entrelinhas de 0,50 m), semeada sobre as linhas da cultura antecessora. A distância foi de 30 metros de comprimento, com a área total 150 m² (30x5 m) de cada tratamento com espaçamento entre sementes de ~40 cm a uma profundidade de 3 cm, com stand esperado de 60.000 plantas ha⁻¹.

A adubação mineral (AM) na linha foi utilizado o formulado 05-35-00 (N-P₂O₅-K₂O), com duas doses a fim de verificar o comportamento da planta inoculada com os microrganismos. As doses utilizadas foram: A) Dose recomendada com 240 kg.ha⁻¹ (84 kg.ha⁻¹ de P₂O₅); e B) Metade da dose recomendada com 140 kg.ha⁻¹ (49 kg.ha⁻¹ de P₂O₅). A adubação de cobertura foi realizada de forma manual após 36 dias a semeadura, em parcela única, na qual foi utilizado sulfato de amônia (NH₄)₂SO₄, sendo 200 kg.ha⁻¹ e 100 kg.ha⁻¹ (conforme tratamentos), e cloreto de potássio KCl, 70 kg.ha⁻¹ e 35 kg.ha⁻¹ (conforme tratamentos) (Tabela 3). A adubação foi realizada em estágio V7.

Tabela 3. Adubação de cobertura com (NH₄)₂SO₄ e KCl com duas concentrações para os diferentes tratamentos utilizados na área experimental da Fazenda Nova Querência, localizada no município de Chapada da Natividade-TO, Safra 2021.

Tratamentos	200 kg.ha ⁻¹ (NH ₄) ₂ SO ₄	100 kg.ha ⁻¹ (NH ₄) ₂ SO ₄
	70 kg.ha ⁻¹ KCl	35 kg.ha ⁻¹ KCl
T1= 0 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	—	—
T2= 240 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	X	—
T3= 240 Kg.ha ⁻¹ de AM	X	—
T4= 140 Kg.ha ⁻¹ de AM	—	X
T5= 140 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN	—	X
T6= 140 Kg.ha ⁻¹ de AM + MBP	—	X
T7= 140 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	—	X

Adubo mineral (AM), microrganismos solubilizadores de fósforo (MBP) e fixadores biológico de nitrogênio (FBN).

Fonte: Próprio autor.

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

Aos 130 DAS do milho foi realizado a colheita de forma manual, com a planta e grãos seco, após a colheita foi feito debulho das espigas manualmente com a umidade corrigida para 13% e armazenado em sacos para pesagem em balança de precisão de três casas decimais após a vírgula (0,001 g).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas com o software Sisvar (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

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

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

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

*Adubo mineral (AM), microrganismos solubilizadores de fósforo (MBP) e fixadores biológico de nitrogênio (FBN). Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio autor.

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

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

Segundo Chagas *et al.* (2018), os benefícios proporcionados pelas espécies de *Bacillus* spp. se multiplicam quando combinados com outras práticas de manejo adequadas, como a adubação, pois a combinação de diferentes estratégias garante um ambiente mais saudável e produtivo para as plantas. Além disso, *Bacillus subtilis* estimula o desenvolvimento das plantas e consequentemente aumenta a produtividade de grãos, além de promover o acúmulo de matéria seca nas plantas (Lima *et al.*, 2011).

Já para o parâmetro de diâmetro do colmo (DC) houve um acréscimo de 32% a mais quando comparado ao tratamento de testemunha positiva (0 Kg.ha⁻¹ de AM + FBN + MBP) (Tabela 4). O Tratamento de

240 Kg.ha⁻¹ de AM - FBN + MBP quando comparado ao tratamento que não houve a adição de microrganismos teve um incremento no DC de 16,1%.

Segundo Galiando (2020) processo de FBN é de grande importância na interação planta-microrganismo, pois resulta em efeitos benéficos na promoção do crescimento vegetal. Mumbach *et al.* (2017) destaca os incrementos das plantas quanto a resposta da inoculação com *Azospirillum brasiliense* nas culturas de trigo e de milho safrinha.

A utilização de bactérias solubilizadores de fosfato contribuem na decomposição de materiais orgânicos, produção de metabólitos secundários de interesse comercial, bem como promovem o crescimento das plantas através da produção de sideróforos e/ou ácido indol-3-acético e tem sido amplamente utilizado para o biocontrole de patógenos fúngicos do solo (Martins *et al.*, 2022). Essa solubilização ocorre em consequência das bactérias solubilizadoras do solo liberam ácidos orgânicos que diminuem o pH do meio e essa acidez dissolve o fósforo presente no solo, que antes estava preso em formas indisponíveis para as plantas, tornando o fósforo dissolvido é então absorvido pelas raízes das plantas, promovendo seu crescimento e desenvolvimento da planta (Junior *et al.*, 2022).

De acordo com Silva Júnior; Freitas; Rezende (2021) apenas o uso da inoculação de *A. brasiliense* nas sementes de milho não interfere no aumento de rendimento e não altera a altura de plantas, pois ainda há a necessidade de adubação nitrogenada na cultura e a salinidade pode acarretar em diferença osmótica na planta, tendo maior quantidade de sais na linha de plantio, conforme o que ocorreu no tratamento de 240 Kg.ha⁻¹ de AM - FBN + MBP se tornando dois fatores percussores na influência de altura de planta e incremento no DC (Tabela 4).

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

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

Tratamentos*	IAF (cm ²)
0 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	155,20 b
240 Kg.ha ⁻¹ de AM - FBN + MBP	245,84 a
240 Kg.ha ⁻¹ de AM	190,56 ab
140 Kg.ha ⁻¹ de AM	155,10 b
140 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN	184,75 ab
140 Kg.ha ⁻¹ de AM + MBP	198,88 ab
140 Kg.ha ⁻¹ de AM + FBN + MBP	200,37 ab
CV (%)	18,64
Média geral	190,10

*Adubo mineral (AM), microrganismos solubilizadores de fósforo (MBP) e fixadores biológico de nitrogênio (FBN).

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio autor.

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

A produtividade da cultura do milho segunda safra (Figura 1), observa que o tratamento com 240 Kg.ha⁻¹ de AM - FBN + MBP houve uma capacidade de rendimento superior ($p \leq 0,05$) aos demais tratamentos, chegando a média de 43,17 sc.ha⁻¹. Não houve diferença estatística entre nenhum dos tratamentos com doses de 140 Kg.ha⁻¹ de AM + FBN + MBP, 140 Kg.ha⁻¹ de AM + FBN e 240 Kg.ha⁻¹ de AM, com médias de 36,11, 35,39 e 34,83 sc.ha⁻¹, respectivamente (Figura 1). Observa-se que doses menores de AM com associação de FBN + MBP ou FBN foram capazes de atingir médias maiores de produtividade, quando comparada a dose de 240 Kg.ha⁻¹ de AM sem adição de microrganismo. O que pode representar a redução de 41,6% de redução de custo com AM.



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

Médias seguidas de mesma letra, não diferem entre si a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Fonte: Próprio autor.

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

Diversos autores relatam aumentos no rendimento de grãos e característica das plantas de milho com inoculação associada à adubação nitrogenada (Cavallet *et al.*, 2000; Sangoi *et al.*, 2015). De acordo com Lana *et al.* (2012) obtiveram acréscimos na produtividade de 7,2 a 15,4% com a eliminação da adubação nitrogenada em cobertura, apenas fazendo-se uso da adubação de base associada a inoculação por microrganismo. Já no presente estudo, ocorreu um incremento de 11,61% quando comparado os tratamentos 140 Kg.ha⁻¹ de AM + FBN e 140 Kg.ha⁻¹ de AM. Hungria *et al.* (2010) também relata sobre a possibilidade de redução da quantidade de N aplicada na forma de adubação mineral, quando as plantas estão associadas à inoculação por microrganismos.

Conclusão

A aplicação de 240 Kg.ha⁻¹ de AM + FBN + MBP resultou no incremento das características de AP, DC, IAF e na produtividade do milho segunda safra nas condições deste trabalho.

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

Referências

AUGUSTO, L.; ACHAT, D.L.; JONARD, M.; VIDAL, D. E RINGEVAL, B. Soil parent material - A major driver of plant nutrient limitations in terrestrial ecosystems. **Global change biology**. v.23, n.9, p. 3808-3824, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13691>

CADORE, R.; COSTA NETTO, A.P.; REIS, E.F.; RAGAGNIN, V.A.; FREITAS, D.S.; LIMA, T.P.; ROSSATO, M. E D'ABADIA, A.C.A. Híbridos de milho inoculados com *Azospirillum brasiliense* sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo** v.15, n.3, p. 399-410, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n3p398-409>

CARMO, K.B.; BERBER, G.C.M.; BOURSCHEIDT, M.L.B.; GARCIA, M.N.; SILVA, A.F. E FERREIRA, A. Desempenho agronômico do milho safrinha em resposta a doses de nitrogênio combinadas com inoculante biológico em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, v.13, n.7, p. 95-101, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/13720201163>

CAVALLÉT, L.E.; PESSOA, A.C.D.S.; HELMICHE, J.J.; HELMICHE, P.R. E OST, C.F. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, p. 129-132, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000100024>

CHAGAS JUNIOR, A.F.; BRAGA JUNIOR, G.M.; MARTINS, A.L.L.; CHAGAS, L.F.B.; MILLER, L. DE O. E BEZERRA, A.C.C. *Bacillus subtilis* Bs10 como um inoculante eficiente para a promoção do crescimento de plantas de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v.43, n.4, p. 1769–1786, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n4p1769>

CHAGAS JUNIOR, A.F.; BRAGA JUNIOR, G.M.; MARTINS, A.L.L.; CHAGAS, L.F.B.; MILLER, L. DE O. E BEZERRA, A.C.C. *Bacillus subtilis* Bs10 as an efficient inoculant for growth promotion in soybean plants. **Semina: Ciências Agrárias**, v.43, n.4, p. 1769-1786, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n4p1769>

CHAGAS JUNIOR, A.F.; SOUZA, M.C.; MARTINS, A.L.L.; LIMA, C.A.; SOUSA, K. ÂNGELA O. DE; SANTANA, P.A.A.C.P.; LOPES, M.B. E CHAGAS, L.F.B. Eficiência de Trichoplus (*Trichoderma asperellum*) como promotor de crescimento vegetal em soja em campo no cerrado. **Research, Society and Development**, v.11, n.5, e16111527970-e16111527970, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27970>

CHAGAS, L.F.B.; MARTINS, A.L.L.; CARVALHO FILHO, M.R. DE; MILLER, L. DE O.; OLIVEIRA, J.C. DE E CHAGAS JUNIOR, A.F. *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Agri-Environmental Sciences**, v.3, n.2, p. 10-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v3i2.430>

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (2000). **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária. 360p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>

GALINDO, F.S.; RODRIGUES, W.L.; FERNANDES, G.C.; BOLETA, E.H.M.; JALAL, A.; ROSA, P.A.L. E TEIXEIRA FILHO, M.C.M. Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasiliense* inoculation under Brazilian savannah conditions. **European Journal of Agronomy**, v.134, 126471, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126471>

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; SILVA, R.R. E FONSECA, I.C.B. Aplicação foliar de aminoácidos e adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.7, p. 700-707, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000700005>

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M. E PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasiliense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and soil**, v.331, p. 413-425, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0262-0>

LANA, M.D.C.; DARTORA, J.; MARINI, D. E HANN, J.E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, v.59, p. 399-405, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300016>

LIMA, F. (2010). ***Bacillus subtilis* e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho** (Dissertação de mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Piauí. Teresina, PI, Brasil p. 54.

MACHADO, R.; CALVI, V.; PACCOLA, E.; SCHMDIT FILHO, E. E GASPAROTTO, F. Inoculação foliar de plantas de milho com *Bacillus subtilis* e *Azospirillum brasiliense*. **Enciclopédia Biosfera**, v.17, n.34, 2000. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2080>

MARTINS, A.L.L.; MELO, B.S.; SILVA, C.L.S.; FERNANDES, H.E.; QUEIROZ, A.S.B. E CHAGAS JÚNIOR, A.F.C. Desempenho de mudas de alface sob doses de inoculante biológico solubilizador de fósforo. **Agri-Environmental Sciences**, v.8, n.2, p. 8, 2022. DOI: <https://doi.org/10.36725/agries.v8i2.7945>

MUMBACH, G.L.; KOTOWSKI, I.E.; SCHNEIDER, F.J.A.; MALLMANN, M.S.; BONFADA, E.B.; PORTELA, V.O.; BONFADA, E.B. E KAISER, D.R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasiliense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. **Revista Scientia Agraria**, v.18, n.2, p. 97-103, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i2.51475>

RESENDE, A.V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M.M.; ABREU, S.C.; SANTOS, F.C. E COELHO, A.M. Manejo de nutrientes no cultivo de milho segunda safra na região do cerrado. **Revista Plantio Direto e Tecnologia Agrícola**. Passo Fundo, RS, Brasil v,28, n.166, p. 19-29, 2018.

SANGOI, L.; SILVA, L.M.M.D.; MOTA, M.R.; PANISON, F.; SCHMITT, A.; SOUZA, N.M.D. E SCHENATTO, D.E. Desempenho agronômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.1141-1150, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140736>

SILVA JUNIOR, J.A.M.; FREITAS, J.M. DE E REZENDE, C.F.A. Produtividade do milho associado a inoculação com *Azospirillum brasiliense* e diferentes doses de adubação nitrogenada. **Research, Society and Development**, v.10, n.2, p.e42810212711, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12711>

SILVA, D.C.; COSTA, N.; ARAÚJO, J.C.; SILVA, A.V.; XAVIER, G. F.; FERREIRA, J. P.; OLIVEIRA, L. C. E ALVES, G.C. Avaliação da adubação nitrogenada associada à inoculação com bactérias *Azospirillum brasiliense* na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.10, p. 99862-99881, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n10-344>

SOUSA, S.M.; OLIVEIRA, P.; ANDRADE, D.L.; PASTINA, M.M.; MARRIEL, I.E.; LANA, U.G.P. E GOMES, E.A. Tropical *Bacillus* Strains Inoculation Enhances Maize Root Surface Area, Dry Weight, Nutrient Uptake and Grain Yield. **Journal Plant Growth Regul**, v.40, p. 867–877, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9>.

Capítulo 6

Pecuária Brasileira: revelando a incidência de fungos em sementes e forrageiras

Patrícia Resplandes Rocha dos Santos*¹

Dalmarcia de Souza Carlos Mourão²

Taila Neitzke³

Dheime Ribeiro de Miranda⁴

Albert Lennon Lima Martins⁵

Weslany Silva Rocha⁶

Gil Rodrigues dos Santos⁷

* Autor para correspondência: patriciaresplandes.agro@gmail.com

Resumo

Já há algum tempo, estudos vêm referindo um problema que ocorre com diversas forrageiras que são cultivadas para pastagens em grandes extensões de terra no nosso país, constituindo em importante causa de degradação de pastagens pois em casos de alta severidade causa grande perda de área foliar devido às áreas necrosadas pelo patógeno, causando redução de produtividade e qualidade da forragem, consequentemente, afeta a produção de sementes. Diante da iminente exposição a diversos patógenos causadores de doenças em forrageiras que começaram a ter importância, advindos também da intensa atividade pecuária no Brasil, torna-se incontestável a importância do estudo sobre a generalização de patógeno-hospedeiro em forrageiras, afim de dar suporte ao desenvolvimento de medidas de controle viáveis. A metodologia está baseada numa pesquisa bibliográfica e descritiva, para a coleta de dados adota-se como critérios de análise: periódicos científicos, artigos e livros publicados sobre o assunto. A partir das problemática explanada por esta pesquisa, evidencia-se que existem uma grande variabilidade de fungos patogênicos que podem atuar em mais de uma espécie de forrageiras, como por exemplo a *Brachiaria* que é uma forrageira bastante expressiva nas pastagens brasileiras e é acometida por diversas espécies de patógenos que vem causando a degradação das pastagens. A partir disso, verifica-se a importância de pesquisas científicas para identificar os patógenos, qual espécie possui maior suscetibilidade, etc. Além de propor medidas de controle e prevenção, visando o estabelecimento e a manutenção de pastagens de boa qualidade.

Palavras-chave: *Brachiaria*, Hospedeiro, Pastagem, Fitogárgeno.

1 Doutora em Produção Vegetal, Pós-doutoranda Júnior no Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Campus Lagoa da Confusão, Rua 02 Lote 01 Quadra 05-A, Setor Lagoa da Ilha, 77493-000, Lagoa da Confusão - TO, Brasil. E-mail: patriciaresplandes.agro@gmail.com

2 Doutora em Produção Vegetal/ Técnica em laboratório de fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: dalmarciaadm@uft.edu.br

3 Doutoranda da Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi, Departamento do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: tailaneitzke@gmail.com

4 Mestranda em Produção Vegetal / Técnica de laboratório de anatomia e fisiologia vegetal IFTO, Campus Dianópolis Universidade, Rodovia TO-040, Km 349, Loteamento Rio Palmeira, Lote 10 Zona Rural, Dianópolis - TO, CEP: 77300-000, Brasil. E-mail: dheime.miranda@iftto.edu.br

5 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert.ll@unitins.br

6 Laboratório de Fitoterapia, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO, Brasil. E-mail: weslany.rocha@mail.ift.edu.br

7 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: gilsan@uft.edu.br

Introdução

A semente tem papel fundamental na continuidade do ciclo biológico de fungos, atuando como mecanismo de transporte para a maioria dos patógenos, ou ainda, na transmissão de fungos para órgãos aéreos do hospedeiro. Visto que muitas doenças, se iniciam pela aquisição de sementes de baixa qualidade sanitária, ocorrendo a introdução da doença no campo de produção de semente ou em áreas para exploração da forragem.

A formação das pastagens cultivadas no país, baseou-se, inicialmente, na propagação vegetativa e numa etapa seguinte, a partir da década de 70, iniciou-se a demanda por sementes forrageiras para sua formação, visando o melhoramento mediante uso de espécies mais produtivas (Nery *et al.*, 2012). A alta qualidade das sementes está diretamente associada aos seus atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, os quais expressam a capacidade da semente em gerar plantas vigorosas, resultando no estabelecimento adequado e uniforme da cultura, e sem a introdução de pragas e doenças (França-Neto *et al.*, 2010). Com isso, a sanidade da semente constitui fator importante para o estabelecimento e a manutenção de pastagens de boa qualidade (Fernandes *et al.*, 2005).

Baseado nos resultados preliminares do Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE, 2017), a área total de pastagens naturais e plantadas no Brasil é de aproximadamente 159 milhões de hectares, sendo formadas, principalmente, pelos gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Cynodon* e *Andropogon*.

A partir da exploração extensiva da atividade pecuária e do monocultivo de plantas associado ao manejo inadequado das pastagens, sobretudo, quanto a fertilidade da planta e do solo, várias doenças de forrageiras começaram a ter importância, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Norte do país (Vechiato *et al.*, 2010).

Como causa da ocorrência de grande parte destas doenças, Marchi *et al.* (2010a), relatam que as sementes forrageiras têm atuado como principais veículos de disseminação de patógenos, sendo que estes microrganismos, têm potencial de afetar desde a fase do estabelecimento da planta no campo até a colheita e armazenamento do produto. E a literatura destaca diversos trabalhos associando fungos a sementes forrageiras comercializadas no país, o que contribui para o surgimento de epidemias no campo e o comprometimento da qualidade fisiológica e sanitária destas sementes. Esta relação patógeno/semente ainda não está bem definida. Dentre os fungos constatados, diversos são patógenos de gramíneas, não se conhecendo, porém, a sua patogenicidade e os danos que ocasionam as forrageiras. Sabe-se que, a relação principal está na redução da qualidade fisiológica, interferindo diretamente na germinação e no estabelecimento das plantas a campo (Lasca *et al.*, 2004).

Diante da iminente exposição a diversos patógenos causadores de doenças em forrageiras que começaram a ter importância, advindos também da intensa atividade pecuária no Brasil, objetivou-se sintetizar as principais doenças e seus agentes causadores nas principais forrageiras cultivadas no Brasil, afim de dar suporte ao desenvolvimento de medidas de controle viáveis.

Metodologia

Perante a intensa exploração da atividade pecuária e do monocultivo de plantas associado ao manejo inadequado das pastagens e das várias doenças de forrageiras que começaram a ter importância no Brasil, esta pesquisa constituiu-se de uma revisão de literatura descritiva com a finalidade de agrupar e sintetizar as principais doenças e seus agentes causadores nas principais forrageiras cultivadas no Brasil. Assim, o método de pesquisa descritiva foi utilizado. Para a coleta de dados adotou-se como critérios de análise: consulta de periódicos científicos mais recentes, artigos e livros publicados sobre o assunto. As buscas ocorreram no primeiro e segundo semestre de 2023, adotando-se bases de dados como fonte de pesquisa, sendo: Scielo, Google Acadêmico, Science Direct e Periódicos Capes. Foram selecionadas as seguintes palavras-chave “forrageiras”, “suscetibilidade”, “patógeno-hospedeiro” “pastagem”, “fungos”. Os termos foram escolhidos para ampliar o campo de pesquisa a fim de explorar a produção de tecnologias e trabalhos acadêmicos relacionados a fungos em sementes e plantas forrageiras. As informações coletadas foram por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto.

Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, onde a escolha dos estudos para compor a fundamentação teórica da pesquisa não necessita o esgotamento de uma fonte de dados, não houve um fluxograma definido referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada.

Com a seleção dos dados, torna-se incontestável a importância do estudo sobre a generalização de patógeno-hospedeiro em forrageiras, afim de dar suporte ao desenvolvimento de medidas de controle viáveis.

Resultados e Discussão

Entre as enfermidades que mais acometem as gramíneas forrageiras, a mancha foliar causada pelo fungo *Bipolaris maydis*, representa uma das principais doenças de *Panicum maximum* cv. Tanzânia, embora, também possa incidir em cultivares de *Brachiaria* sp., *Paspalum* sp. e *Pennisetum* sp. (Marchi *et al.*, 2011). Sendo que, em casos de alta severidade, há grande perda de área foliar devido às áreas necrosadas pelo patógeno, causando redução de produtividade e qualidade da forragem, consequentemente, afeta a produção de sementes. Em trabalho desenvolvido por Martinez-Franzener (2006), também há relato da alta suscetibilidade do capim Tanzânia ao *B. maydis*, concluindo que a severidade da doença variou até 20% nas plantas, reduzindo significativamente o perfilhamento e o peso da matéria fresca das folhas.

Outros autores já evidenciaram a suscetibilidade de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) à *B. maydis*, comprometendo o estabelecimento da cultura em áreas de Cerrado (Anjos *et al.*, 2008). Em experimentos, *B. maydis* incitou lesões foliares e até a morte de plantas como *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e Xaraés, *P. maximum* cv. Tanzânia e *P. purpureum*, entre dois e dez dias após a inoculação (Anjos *et al.*, 2008; Arruda *et al.*, 2018), demonstrando ser um patógeno hospedeiro de várias culturas. *B. maydis* sobrevive em restos culturais, em sementes ou hospedeiros alternativos, podendo ocorrer em qualquer

estádio de desenvolvimento da planta, sendo mais importante na fase da formação da pastagem (Marchi *et al.*, 2011). Macedo e Barreto (2007), relataram o primeiro caso de queima foliar em *B. brizantha* causada pela espécie de *Bipolaris cynodontis*, além de outras muitas espécies de *Bipolaris* serem associadas a queimas foliares em *Brachiaria* (Sivanesan, 1987; Lenné, 1990). Tavanti *et al.* (2016), identificaram pela primeira vez na região norte do Mato Grosso, manchas foliares causado pelo fungo *Bipolaris maydis* em *P. maximum* cv. Tanzânia.

Outro fungo importante ao *P. maximum* é denominado por *Tilletia ayressi* (cárie-do-sino), responsável por reduzir substancialmente a produção de sementes da cultura nas regiões tropicais da América (Marchi *et al.*, 2011), sendo que a doença tem sido descrita como fator limitante para a produção de sementes. O fungo infecta as flores e sementes, deformando-as e impedindo o seu desenvolvimento normal. Com o progresso da doença, as sementes infectadas apresentam-se com volume maior, formando internamente massa de esporos com coloração acinzentada, sinais importantes na diagnose da doença, que se rompem liberando e dispersando pelo vento grande quantidade de esporos (Nunes e Brancão, 2006). Assim, além de acelerar o processo de degradação das pastagens, a cárie-do-sino pode causar impactos nas exportações brasileiras de sementes, seja pela redução da disponibilidade do produto ou pela imposição de barreiras fitossanitárias pelos países importadores (Marchi *et al.*, 2011).

A *Brachiaria* é uma forrageira bastante expressiva nas pastagens brasileiras. E há algum tempo, pesquisadores vêm relatando um problema que ocorre especificamente com o capim Marandu (*B. brizantha*), constituindo em importante causa de degradação de pastagens. Denominada de síndrome da morte do capim Marandu, este problema tem sido considerado mais pela interação de fatores de manejo inadequado da pastagem que pela ação isolada de um determinado componente (Barbosa, 2006). Embora isto, existem relatos da falta de adaptação dessa cultivar ao encharcamento do solo em associação ao ataque de fungos de solo como *Pythium* sp., *Fusarium* sp. e *Rhizoctonia* sp., associados ou não a *Pratylenchus* sp. (Valentim *et al.*, 2000; Dias-Filho, 2002; Marchi *et al.*, 2011; Houlschuch *et al.*, 2015), o que provoca a deficiência de oxigênio no solo, e consequentes alterações morfofisiológicas no sistema radicular da espécie, e com a ação de fatores bióticos como fungos, estes provocam o amarelecimento da parte aérea e morte da planta.

Em outra investigação, Duarte *et al.* (2007), relataram que pastos formados com *B. brizantha* cv. Marandu estavam sendo devastados por uma doença cujo sintoma típico é a morte de touceiras. Estes autores confirmaram que os resultados dos testes de patogenicidade comprovaram que o principal agente da podridão do coleto do capim-braquiário é *Pythium periilum*. A infestação do solo com mistura de inóculo de *P. periilum* e de *Rhizoctonia solani*, resultou em elevada quantidade de doença. Tratava-se então, do primeiro registro de *P. periilum* como agente primário de doença, em coleta de *B. brizantha*. Também há trabalhos onde descrevem que *Rhizoctonia* sp. ataca a maioria das cultivares de *Brachiaria*, sendo que até 50% das áreas de cultivo de *Brachiaria* nos trópicos é afetada pela queima foliar de *Rhizoctonia* (Kelemu *et al.*, 1995; Alvarez *et al.*, 2014; Mesa *et al.*, 2015).

Outra doença relacionada a *Brachiaria*, foi relatada por Marchi *et al.* (2007a), onde constataram a presença da ferrugem (*Puccinia levis* var. *panici-sanguinalis*) em *B. brizantha* cv. Xaraés, tendo seus sín-

tomas caracterizados pela visualização de pústulas e produção abundante de massa de uredinósporos e teliósporos nas folhas, evoluindo para a seca prematura das folhas. Apesar disso, a cultivar Xaraés, foi originalmente classificada como resistente (Marchi *et al.*, 2007b). A ferrugem ainda não tem se constituído entrave para a formação de pastagens ou produção de sementes, embora as características intrínsecas do patógeno tornam a doença relevante, dada a capacidade de surgimento de raças capazes de suplantar a defesa do hospedeiro. Em incidência elevada, causa redução da quantidade e da qualidade da forragem. O agente etiológico da ferrugem apresenta ampla gama de hospedeiro, incluindo outras espécies forrageiras dos gêneros *Digitaria*, *Panicum*, *Paspalum*, *Pennisetum* e *Setaria* (Lenné, 1990; Fernandes e Fernandes, 1992).

O fungo *Ustilago operata*, conhecido por carvão da braquiária, tem sido relatado em áreas com *Brachiaria*, inviabilizando a produção de sementes destas, tornando-as cobertas de uma massa pulverulenta negra, irrompendo ou não o tegumento da semente (Marchi *et al.*, 2008a; Marchi *et al.*, 2009), reduzindo consideravelmente a produtividade de sementes. Sementes de braquiária destinadas à exportação, com pureza física superior a 90%, também não estão livres de veicular este patógeno (Marchi *et al.*, 2011). Reduções elevadas na produtividade de sementes de *B. brizantha* foram observadas nos campos de produção, com cerca de 70% do lote de sementes da cultivar BRS Piatã comprometido pela incidência de carvão (Verzignassi *et al.*, 2001a). Posteriormente, Marchi *et al.* (2006), constatou em campos de multiplicação de sementes da cultivar Piatã, incidência acima de 60% de carvão, sendo este patógeno um risco para a produção de sementes desta braquiária.

Um outro patógeno muito importante, sobretudo para a cultura do arroz e trigo, foi constatado causando pontuações castanho-avermelhadas, que evoluíam para manchas elípticas, onde estas lesões individuais coalesciam, formando extensas áreas necrosadas, com queima total das folhas de *B. brizantha* cv. Marandu, identificando este patógeno como *Pyricularia grisea* (Marchi *et al.*, 2005; Verzignassi *et al.*, 2012). Este fungo também foi identificado em sementes de capim Marandu utilizadas para plantio em Rondon no estado do Pará, sendo importante causador de perda de área foliar em gramíneas e redução da produção de sementes (Verzignassi *et al.*, 2012). Também existem relatos da patogenicidade de *Pyricularia* sp. em *P. purpureum* (Verzignassi *et al.*, 2013) e ao *P. maximum* (Tsukiboshi, 2019), em ambas as culturas, o patógeno forma extensas áreas necrosadas.

Entre as doenças consideradas importantes para *Brachiaria*, pode-se citar a mela-das-sementes, causada pelo fungo *Claviceps sulcata* (anamorfo: *Sphacelia* sp.) (Marchi *et al.*, 2011), doença também incidente em cultivares de *Panicum maximum*. O patógeno infecta o hospedeiro logo após a abertura das flores. Vechiato *et al.* (2009), analisaram sementes das espécies de *B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. humidicola* e a partir do método de inspeção direta das sementes secas, registrou a presença de, pelo menos, a fase anamórfica (*Sphacelia* sp.) do agente causal da mela-das-sementes de braquiária em toda as cultivares. Consequentemente, em determinado momento do ciclo vital do fungo, os escleródios irão se formar, caracterizando a presença da fase teleomórfica, *Claviceps*, disseminando a doença a curta e longa distância. Diante deste fato, havendo comercialização, as pastagens formadas a partir dos lotes de sementes infectadas podem ser prejudicadas, além de causar problemas aos animais que delas se ali-

mentam, isto porque espécies de *Claviceps* podem produzir alcalóides, substâncias que ficam armazenadas nos escleródios, os quais são consumidos pelos animais causando intoxicações (Vechiato *et al.*, 2009). É possível que essa doença se encontre amplamente disseminada pelo Brasil, principalmente, devido à falta de padrões de qualidade sanitária para as sementes (Marchi *et al.*, 2011).

Em campos experimentais da Embrapa Gado de Corte, no Mato Grosso do Sul, foram encontradas plantas de *B. humidicola* cv. Humidicola com lesões foliares causadas por *Uromyces setariae-italicae*, sendo o primeiro relato da doença no estado (Verzignassi *et al.*, 2018). A doença na planta é caracterizada pelas lesões cloróticas, irregulares, cobertas por pústulas contendo grande massa de esporos de ferrugem e cujas lesões apresentavam coalescimento, provocando amarelecimento e secamento das folhas.

Em estudo fitossanitário de sementes forrageiras, Favoreto *et al.* (2011), identificaram em todos os lotes de sementes, fungos dos gêneros *Fusarium*, *Helminthosporium* e *Phoma*. Sendo que algumas espécies encontradas nesse levantamento são também patógenos de outras culturas e, por isso, possuem implicações de natureza quarentenária, o que dificulta a comercialização internacional de sementes forrageiras. Altas incidências de fungos fitopatogênicos são preocupantes, pois enquanto algumas espécies reduzem a viabilidade das sementes (Neergaard, 1979), outros com crescimento rápido e agressivo, como estes relatados por Favoreto *et al.* (2011), *Fusarium* sp. e *Phoma* sp., podem promover a morte da semente antes mesmo da germinação (Menten, 1995). Outros autores como Garcia e Pineda (2000) e Lasca *et al.* (2004), abordam que *Phoma* sp., pode afetar a emergência e provocar a morte de plântulas de braquiária, ou resultar em mudas com sintomas severos da doença.

Em trabalho conduzido por Santos *et al.* (2014), o fungo *Bipolaris* sp. isolado de sementes forrageiras se mostrou patogênico às plântulas forrageiras de *Brachiaria*, *Crotalaria* e *Panicum*. Estes autores ainda relataram alta taxa de transmissão de *Bipolaris* sp. e *Curvularia* sp. às plântulas, o que poderia causar perda do número de plantas por área, devido ao ataque do patógeno. Lasca *et al.* (2004), relataram que fungos dos gêneros *Exserohilum*, *Phoma* e *Curvularia*, quando presentes em sementes de *B. decumbens*, podem afetar a emergência e provocar a morte de plântulas. De maneira geral, as gramíneas são suscetíveis ao ataque de fungos dos gêneros *Drechslera*, *Bipolaris*, *Exserohilum* e *Curvularia*, que causam manchas nas folhas e caules, seca de folhas e morte de plântulas; nos gêneros *Fusarium* e *Phoma*, também presentes nas sementes, diversas espécies possuem patogenicidade à grande número de hospedeiros (Neergaard, 1979; Urben, 1987; Kimati *et al.*, 1997).

Silva (2015), avaliando a incidência fúngica em sementes de *B. brizantha*, *B. decumbens* e *P. maximum*, relatou a maior incidência de *Fusarium* sp., *Cercospora* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Helminthosporium* sp., os quais constituem-se nos fungos mais comuns e fitopatogênicos nos campos de produção de sementes. As gramíneas são muito suscetíveis a *Fusarium* sp. (Munkvold e Desjardins, 1997). Avelino *et al.* (2019), abordam que os principais fungos associados às culturas forrageiras nas regiões tropicais brasileiras são *Bipolaris* sp., *Curvularia* sp., *Helminthosporium* sp., *Phoma* sp., *Fusarium* sp., *Pythium* sp. e *Rhizoctonia* sp., responsáveis por causarem principalmente doenças de folhas e caules, podridão, inviabilidade de sementes e morte de plântulas. Todos estes gêneros citados, são muito comuns a associação a sementes forrageiras.

Na tabela 1, pode-se observar os principais fungos causadores de doenças e danos nas forrageiras brasileiras.

Tabela 1. Descrição resumida de doenças e danos causados por fitopatógenos em plantas forrageiras, Brasil, 2024.

Fungo	Hospedeiro	Órgão afetado	Dano	Literatura
<i>Aspergillus</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Epicoccum</i> sp., <i>Nigrospora</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.	<i>Brachiaria</i> sp.	Sementes	Deterioração de sementes e perda de vigor (germinação)	Cirio e Lima, 2003; Barreto et al., 2004; Marchi et al., 2010b; Vechiato et al., 2010
<i>Aspergillus</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Nigrospora</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Sementes	Deterioração de sementes e perda de vigor (germinação)	Martins et al., 2017
<i>Bipolaris cynodontis</i>	<i>B. brizantha</i>	Parte aérea	Queima foliar e redução da produtividade da forragem	Macedo e Barreto, 2007
<i>Bipolaris maydis</i>	<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	Parte aérea e Sementes	Manchas foliares causando a redução do perfilhamento, produtividade e produção de sementes	Martinez-Franzener, 2006; Anjos et al., 2008; Marchi et al., 2011; Tavanti et al., 2016; Arruda et al., 2018
<i>Bipolaris maydis</i>	<i>Brachiaria</i> sp., <i>B. brizantha</i> cv. Marandu, <i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Parte aérea e Sementes	Redução da produtividade e qualidade da forragem	Sivanesan, 1987; Lenné, 1990; Anjos et al., 2008; Marchi et al., 2011
<i>Bipolaris maydis</i>	<i>Paspalum</i> sp., <i>Pennisetum</i> sp., <i>P. purpureum</i>	Parte aérea e Sementes	Redução da produtividade e qualidade da forragem	Anjos et al., 2008; Marchi et al., 2011
<i>Bipolaris</i> sp.	<i>Crotalaria juncea</i> , <i>P. maximum</i> , <i>B. brizantha</i>	Plântulas	Manchas foliares em plântulas, comprometendo seu desenvolvimento e estabelecimento a campo	Santos et al., 2014
<i>Bipolaris</i> sp., <i>Curvularia</i> sp.	<i>Brachiaria</i> sp.	Sementes	Fungos transmitidos pelas sementes, causando danos as plântulas	Santos et al., 2014
<i>Bipolaris</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Exserohilum</i> sp., <i>Phoma</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea e Sementes	Manchas de folhas e caule, podridão, inviabilidade de sementes e morte de mudas	Avelino et al., 2019

<i>Claviceps sulcata</i>	<i>Brachiaria</i> sp., <i>B. brizantha</i> , <i>B. decumbens</i> , <i>B. humidicola</i> , <i>P. maximum</i>	Sementes	Perda de produção de sementes	<i>Vechiato et al.</i> , 2009; <i>Marchi et al.</i> , 2011
<i>Drechslera</i> sp., <i>Bipolaris</i> sp., <i>Exserohilum</i> sp., <i>Curvularia</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea	Manchas nas folhas e caules e morte de plântulas	<i>Neergaard</i> , 1979; <i>Urben</i> , 1987; <i>Kimati et al.</i> , 1997
<i>Exserohilum</i> sp., <i>Phoma</i> sp., <i>Curvularia</i> sp.	<i>B. decumbens</i>	Sementes	Afetam a emergência, causando morte de plântulas	<i>Lasca et al.</i> , 2004
<i>Fusarium</i> sp., <i>Cercospora</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Helminthosporium</i> sp.	<i>B. brizantha</i> , <i>B. decumbens</i> , <i>P. maximum</i>	Sementes	Podridão e morte de sementes e plântulas	<i>Silva et al.</i> , 2015
<i>Fusarium</i> sp., <i>Helminthosporium</i> sp., <i>Phoma</i> sp.	Forrageiras	Sementes	Podridão e morte de sementes e plântulas	<i>Garcia e Pineda</i> , 2000; <i>Lasca et al.</i> , 2004; <i>Favoreto et al.</i> , 2011
<i>Fusarium</i> sp., <i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp.	Forrageiras	Raízes e Parte aérea	Podridão da raiz, clorose, redução de crescimento, murcha, tombamento, queima de folhas e a morte	<i>Avelino et al.</i> , 2019
<i>Puccinia</i> <i>levis</i>	<i>Digitaria</i> sp., <i>Panicum</i> sp., <i>Paspalum</i> sp., <i>Pennisetum</i> sp., <i>Setaria</i> sp.	Parte aérea	Seca prematura das folhas, redução da produtividade da forragem	<i>Lenné</i> , 1990; <i>Fernandes e Fernandes</i> , 1992
	<i>B. brizantha</i> cv.			
<i>Puccinia</i> <i>levis</i> var. <i>panici-sanguinalis</i>	Xaraés	Parte aérea	Seca prematura das folhas, redução da produtividade da forragem	<i>Marchi et al.</i> , 2007b
<i>Pyricularia</i> <i>grisea</i>	<i>B. brizantha</i> cv.	Parte aérea e Sementes	Manchas foliares e redução da produtividade da forragem	<i>Marchi et al.</i> , 2005; <i>Verzignassi et al.</i> , 2012; <i>Verzignassi et al.</i> , 2013; <i>Tsukiboshi</i> , 2019
	Marandu, <i>P. pureum</i> , <i>P. maximum</i>			
<i>Pythium</i> <i>periillum</i> , <i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Coleto	Podridão do coleto, morte da planta	<i>Duarte et al.</i> , 2007
<i>Pythium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp. e <i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Raízes e Parte aérea	Associado a solos encharcados, estes fungos causam amarelecimento e morte de plantas	<i>Valentim et al.</i> , 2000; <i>Dias-Filho</i> , 2002; <i>Barbosa</i> , 2006; <i>Marchi et al.</i> , 2011; <i>Houlschuch et al.</i> , 2015

<i>Rhizoctonia</i> sp.	<i>Brachiaria</i> sp.	Parte aérea	Queima foliar	Kelemu <i>et al.</i> , 1995; Alvarez <i>et al.</i> , 2014; Mesa <i>et al.</i> , 2015
<i>Tilletia ayressi</i>	<i>P. maximum</i>	Sementes	Impedimento da formação de sementes	Nunes e Brandão, 2006; Marchi <i>et al.</i> , 2011
<i>Uromyces setariae-italicae</i>	<i>B. humidicola</i> cv. Humidicola	Parte aérea	Lesões foliares, amarelecimento e morte das folhas	Verzignassi <i>et al.</i> , 2018
<i>Ustilago operta</i>	<i>Brachiaria</i> sp.	Sementes	Redução da produção de sementes	Marchi <i>et al.</i> , 2008a; Marchi <i>et al.</i> , 2009
<i>Ustilago operta</i>	<i>B. brizantha</i> cv. BRS Piatã	Sementes	Redução da produção de sementes	Verzignassi <i>et al.</i> , 2001a

Fonte: Próprio autor.

Além deste, ainda há ocorrência de fungos secundários que podem ser relatada no campo, ou durante o armazenamento de sementes, de acordo com Marchi *et al.* (2010b), que identificaram como fungos secundários mais frequentes em lotes de sementes de *Brachiaria*, os gêneros *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Epicoccum* sp., *Nigrospora* sp., *Penicillium* sp. e *Rhizopus* sp. Tais índices elevados destes fungos são preocupantes, pois, como exemplo, *Aspergillus* e *Rhizopus*, saprófitos cosmopolitas, típicos de armazenamento, são conhecidos por ocasionar deterioração de sementes, culminando com a redução da germinação e vigor (Cirio e Lima, 2003; Barreto *et al.*, 2004; Vechiato *et al.*, 2010). Sobre a qualidade fisiológica de sementes forrageiras e fungos secundários, Martins *et al.* (2017), concluíram que a incidência de *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp. e *Nigrospora* sp. reduziram a germinação de sementes de *B. brizantha* cv. Xaraés, e ao contrário, a cultivar *B. brizantha* cv. Marandu se mostrou mais resistente a estes fungos, não havendo interferência na germinação de sementes.

E apesar de ser considerado um fungo secundário, a identificação de *Aspergillus* sp. é importante para as sementes de capim, pois causa apodrecimento e está relacionado ao alto teor de água e às condições fisiológicas inadequadas da semente e, devido à sua rápida multiplicação, pode contaminar e comprometer todo o lote de sementes durante o período de armazenamento (Borém *et al.*, 2006; Henning *et al.*, 2011). Convém ressaltar também, que espécies de *Aspergillus* e *Fusarium*, podem produzir micotoxinas e estas, ao serem ingeridas, podem causar intoxicações em animais (Vechiato *et al.*, 2010). A incidência do fungo *Pithomyces* sp., em sementes forrageiras, é um fato relevante, pois a espécie de *P. chartarum* tem sido associada a casos de fotossensibilização hepática em bovinos (Soares *et al.*, 2000; Borges *et al.*, 2005; Marchi *et al.*, 2010a).

Considerações finais

A partir das problemática explanada por esta pesquisa, evidencia-se que existem uma grande variabilidade de fungos patogênicos que podem atuar em mais de uma espécie de forrageiras, como por exemplo a *Brachiaria* que é uma forrageira bastante expressiva nas pastagens brasileiras e é acometida por diversas espécies de patógenos que vem causando a degradação das pastagens. A partir disso, verifica-se a importância de pesquisas científicas para identificar os patógenos, qual espécie possui maior suscetibilidade, etc. Além de propor medidas de controle e prevenção, visando o estabelecimento e a manutenção de pastagens de boa qualidade.

Referências

- ALVAREZ, E.; LATORRE, M.; BONILLA, X.; SOTELO, G.; MILES, J.W. Assessing the resistance of *Brachiaria* hybrids to pathogenic *Rhizoctonia*. *Plant Disease*, v.98, n.3, p.306-310, 2014. DOI: 10.1094/PDIS-04-13-0405-RE
- ANJOS, J.R.N.; CHARCHAR, M.J.A.; SILVA, M.S.; ANJOS, S.S.N. *Bipolaris maydis* causando manchas foliares em capim-elefante no Brasil Central. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados (Documentos / Embrapa Cerrados, 221), 15p. 2008. ISSN 15175111
- ARRUDA, B.R.O.; BERTÃO, D.F.L.; FREITAS, G.L.; SILVA, L.O.B.; OLIVEIRA, J.A.G. Manejo de *Bipolaris maydis* em sementes e parte aérea de capim Tanzânia. *Revista Conexão Eletrônica*, v.15, n.1, 2018.
- AVELINO, A.C.D.; FARIA, D.A.; OLIVEIRA, L.D.; CERVO, Y.N.; CONTRERAS FILHO, A.S.; FARINHA, M.A.; RONDON, O.H.S.; ABREU, J.G.; PEIXOTO, W.M.; ROSSI, M.; RODRIGUES, J. Fungi associated with major agricultural and forage crops in integrated systems of Brazilian tropical regions. *Journal of Experimental Agriculture International*, v.39, n.5, p.1-13, 2019. ISSN: 2457-0591
- BARBOSA, R.A. (ed). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 206p. 2006. ISBN 85-297-0200-X
- BARRETO, A.F.; EGBERTO, A.; BONIFÁCIO, B.F.; FERREIRA, O.R.R.S.; BELÉM, L.F. Qualidade fisiológica e a incidência de fungos em sementes de algodoeiro herbáceo tratadas com estratos de agave. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.8, n.2/3, p.839-849, 2004.
- BORÉM, F.M.; RESENDE, O.; MACHADO, J.C.; FONTENELLE, I.M.R.; SOUZA, F.F. Controle de fungos presentes no ar e em sementes de feijão durante armazenamento. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.3, p.651–659, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300017>
- BORGES, L.H.A.; DOMINGUES, M.; MATTEI, S.S.; MIYAZAWA, M.K.; SINCINETTI, J.M. Fotossensibilização secundária pela ingestão de *Brachiaria* em bovino. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v.5, 2005. ISSN 1679-7353
- CIRIO, G.M.; LIMA, M.L.R.Z.C. Métodos de detecção do gênero *Aspergillus* em sementes de milho (*Zea mays*) em 270 dias de armazenamento. *Visão Acadêmica*, v.4, n.1, p.19-23, 2003.
- DIAS-FILHO, M.B. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.4, p.439-447, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000400003>
- DUARTE, M.L.R.; ALBUQUERQUE, F.C.; SANHUEZA, R.M.V.; VERZIGNASSI, J.R.; KONDO, N. Etiologia da podridão do coleto de *Brachiaria brizantha* em pastagens da Amazônia. *Fitopatologia Brasileira*, v.32, n.3, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000300013>
- FAVORETO, L.; SANTOS, J.M.; CALZAVARA, S.A.; LARA, L.A. Estudo fitossanitário, multiplicação e taxonomia de nematoides encontrados em sementes de gramíneas forrageiras no Brasil. *Nematologia Brasileira*, v.35, n.1-2, 2011.
- FERNANDES, C.D.; MARCHI, C.E.; JERBA, V.F.; BORGES, M.F. **Patógenos associados às sementes de forrageiras tropicais e estratégias de controle**. In: ZAMBOLIM, L. Sementes, qualidade fitossanitária. Viçosa: UFV, p.183-213, 2005.
- FERNANDES, C.D.; FERNANDES, A.T.F. Ocorrência de ferrugem em *Brachiaria* spp. em Mato Grosso do Sul-Brasil. *Pasturas Tropicales*, v.14, n.2, p.37-39, 1992.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, v.20, n.1/2, p.37-38, 2010.

GARCÍA D.; S.X.; PINEDA, B. Reconocimiento de enfermedades fungosas transmitidas por semilla em germoplasma de *Brachiaria* spp. **Fitopatología Colombiana**, v.24, n.2, p.39-46, 2000.

HENNING, F.A.; JACOB JUNIOR, E.A.; MERTZ, L.M.; PESKE, S.T. Qualidade sanitária de sementes de milho em diferentes estádios de maturação. **Revista brasileira de sementes**, v.33, n.2, p.316-321, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000200014>

HOLSCHUCH, S.G.; JORGE, Y.R.; COSTA, F.C.; FELIPE, F.L.; GOMES, F.J.; RIBEIRO, L.F.C.; PINA, D.S.; PEDREIRA, B.C. Acúmulo de forragem em pastagens acometidas pela síndrome da morte do braquiarão. In: **Anais...** XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia, Fortaleza, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário: Resultados preliminares 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KELEMU, S.; MILES, J.W.; BONILLA, X.P.; BADEL, J.L. Sources of resistance in species of *Brachiaria* to foliar blight disease caused by *Rhizoctonia solani*. **Trop. Grassl**, v.29, p.257-262, 1995. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10568/44119>. Acesso em: 21/04/2024

KIMATI, H; AMORIM L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; RESENDE, J.A.M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, 774p. 1997.

LASCA, C.C.; VECCHIATO, M.H.; KOHARA, E.Y. Controle de fungos de sementes de *Brachiaria* spp.: eficiência de fungicidas e influência do período de armazenamento de sementes tratadas sobre a ação desses produtos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.71, n.4, p.465-472, 2004.

LENNÉ, J.M. A world list of fungal diseases of tropical pasture species. CIAT: Cali, 162 p. 1990. ISBN: 978-0-85198-674-6

MACEDO, D.M.; BARRETO, R.W. First report of leaf blight of *Brachiaria brizantha* in Brazil caused by *Bipolaris cynodontis*. **Plant Pathology**, v.56, p.1041, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-3059.2007.01632.x

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; JERBA, V.F.; BORGES, M.F.; LORENZETTI, E.R. *Brachiaria brizantha*: novo hospedeiro de *Magnaporthe grisea*. **Pasturas Tropicales**, v.27, n.2,p. 52-54, 2005.

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; JERBA, V.F.; TRENTIN, R.A.; BUENO, M.L.; GUIMARÃES, L.R.; FABRIS, L.R. Sementes de forrageiras tropicais: patógenos associados e estratégias de controle. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, Passo Fundo. **Anais**. Londrina: Abrates, 2006.

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; REZENDE, R.A.A.; JERBA, V.F. Ferrugem de *Brachiaria* sp.: Controle químico e fontes de resistência. Publ. UEPG Exact Earth Sci., **Agricultural Science and Engineering**, v.13, n.2, p.47-54, 2007a. DOI: <https://doi.org/10.5212/publicatio.v13i02.886>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; JERBA, V.F.; REZENDE, R.A.A. *Puccinia levis* var. *panici-sanguinalis* em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.2, p.202-202, 2007b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000200020>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; ANACHE, F.C.; JERBA, V.F.; FABRIS, L.R. Quimio e termoterapia em sementes e aplicação de fungicidas em *Brachiaria brizantha* como estratégias no manejo do carvão. **Summa Phytopathologica**, v.34, n.4, p.321-325, 2008a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000400004>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; ANACHE, F.C.; FABRIS, L.R. Progresso e controle da mela-das-sementes (*Claviceps maximensis*) de *Brachiaria brizantha*. *Summa Phytopathologica*, v.34, n.3, p.241-247, 2008b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000300007>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; MACHADO, J.C.; VECIATO, M.H.; FABRIS, L.R.; BATISTA, M.V.; SORGATTO, M.; SALLES, N.E.P.C.; BARBOSA, C.S. Incidência de *Ustilago operata* em sementes comerciais de braquiária. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.76, n.1, p.121-125, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v76p1212009>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; BUENO, M.L.; BATISTA, M.V.; FABRIS, L.R. Fungos veiculados por sementes comerciais de braquiária. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.77, n.1, p.65-73, 2010a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p0652010>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; BUENO, M.L.; BATISTA, M.V.; FABRIS, L.R. Microflora fúngica de sementes comerciais de *Panicum maximum* e *Stylosanthes* spp. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, n.3, p.575-587, 2010b. ISSN: 1676-546X

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; VERZIGNASSI, J.R. Doenças em plantas forrageiras. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte (**Documentos / Embrapa Gado de Corte**, 187), 47p. 2011. ISSN 1983-974X

MARTINEZ-FRANZENER, A.S. **Avaliação do dano provocado por *Bipolaris maydis* em *Panicum maximum* cv. Tanzânia.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 41p. 2006. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/1273>. Acesso em: 21 abr. 2023.

MARTINS, C.C.; MELO, P.A.F.R.; PEREIRA, F.E.C.B.; ANJOS NETO, A.P.; NASCIMENTO, L.C. Sanity quality of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and Xaraés seeds harvested in different states in Brazil. *Bioscience Journal*, v.33, n.6, p.1431-1440, 2017.

MENTEN, J.O.M. **Prejuízos causados por patógenos associados às sementes.** In: MENTEN, J.O.M. (Ed.). Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico. São Paulo: Ciba Agro, p.115-136. 1995.

MESA, E.C.; CERESINI, P.C.; MOLINA, L.M.R.; PEREIRA, D.A.S.; SCHURT, D.A.; VIEIRA JUNIOR, J.R.; POLONI, N.M.; McDONALD, B.A. The *Urochloa* foliar blight and collar rot pathogen *Rhizoctonia solani* AG-1 IA emerged in South America via host shift from rice. *Phytopathology*, v.105, n.11, p.1475-1486, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-15-0093-R>

MUNKVOLD, G.P.; DESJARDINS, A.E. Fumonisins in maize. Can we reduce their occurrence? *Plant Disease*, v.81, n.6, p.556-565, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.6.556>

NEERGAARD, P. **Seed pathology.** London: The Macmillan, v.1, 839p. 1979.

NERY, M.C.; NERY, F.C.; SILVA, D.R.G.; SOARES, F.P. Produção de sementes forrageiras. *Boletim Técnico*, Lavras: UFLA, n. 88, p. 1-47, 2012.

NUNES, C.D.M.; BRANCÃO, N. Carvão do arroz: epidemiologia, ocorrência e controle. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, (**Comunicado Técnico**, 146), 7p. 2006.

SANTOS, G.R.; TSCHOEKE, P.H.; SILVA, L.G.; SILVEIRA, M.C.A.C.; REIS, H.B.; BRITO, D.R.; CARLOS, D.S. Sanity analysis, transmission and pathogenicity of fungi associated with forage plant seeds in tropical regions of Brazil. *Journal of Seed Science*, v.36, n.1, p.54-62, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/LNCFvSqCghsDQFyPwLqDbTr/?lang=en#>. Acesso em: 21 abr. 2024

SILVA, R.B. **Mapeamento e avaliação da qualidade das sementes de forrageiras comercializadas em Rondônia.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 60p. 2015.

SIVANESAN, A. Graminiculous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. **Mycological Papers**, v.158, p.1–261, 1987. ISBN: 978-0-85198-587-9

SOARES, P.C.; MOTA, R.A.; TEIXEIRA, M.N.; SANTOS, N.V.M. Aspectos epidemiológicos e clínicos da intoxicação por *Pithomyces chartarum* em ovinos da raça Santa Inês, no município de Gravatá - PE. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.7, n.2, p.78-82, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2015.184>

TAVANTI, T.R.; TAKADA, J.; RIBEIRO, L.F.C.; MORAES, S.R.G.; PEDREIRA, B.C. Ocorrência de mancha foliar de *Bipolaris maydis* em capim Tanzânia na região norte do Mato Grosso. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.14, n.1, p.82-85; 2016. DOI: <https://doi.org/10.5327/rcaa.v14i1.1414>

TSUKIBOSHI, T. Studies on the identification and diagnosis of pathogenic fungi inhabiting forage crops in Japan. **Journal of General Plant Pathology**, v.85, p.479-482, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10327-019-00875-5>

URBEN, A.F. Testes de sanidade de sementes de forrageiras. In: SOAVE, J.; WETZEL, M.M.V.S. (Eds.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, p.406-429, 1987.

VALENTIM, J.F.; AMARAL, E.F.; MELO, A.W.F. Zoneamento de risco edáfico atual e potencial de morte de pastagens de *Brachiaria brizantha* no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre (**Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa**, 29), 28p. 2000.

VECHIATO, M.H.; APARECIDO, C.C.; FERNANDES, C.D. Frequência de fungos em lotes de sementes comercializadas de *Brachiaria* e *Panicum*. São Paulo: Instituto Biológico, (**Documento técnico**, 007), 11p. 2010.

VECHIATO, M.H.; APARECIDO, C.C.; FERNANDES, C.D. Ocorrência de *Claviceps* em amostras comerciais de sementes de *Brachiaria* analisadas de Janeiro de 2008 a Março de 2009. 2009. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/325435>. Acesso em: 21 abr. 2024.

VERZIGNASSI, J.R.; URBEN, A.F.; FERNANDES, C.D. Ocorrência de *Ustilago operata* em sementes de *Brachiaria brizantha* no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, p.423, 2001a.

VERZIGNASSI, J.R.; POLTRONIERI, L.S.; BENCHIMOL, R.L.; FRANÇA, S.K.S.; CARVALHO, E.A.; FERNANDES, C.D. *Pyricularia grisea*: novo patógeno em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no Pará. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.3, p.254, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052012000300016>

VERZIGNASSI, J.R.; FERNANDES, C.D.; LÉDO, F.J.S.; BATISTA, M.V.; QUEIROZ, C.A.; CORADO, H.S.; POLTRONIERI, L.S.; MONTEIRO, L.C.; SILVA, J.I.; BENTEO, G.L.; MACHADO, J.C. *Pyricularia grisea* causando manchas foliares na cultivar BRS Capileto de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) x milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). **Summa Phytopathologica**, v.39, n.2, p.140-141, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000200012>

VERZIGNASSI, J.R.; CARVALHO JÚNIOR, A.A.; FERNANDES, C.D. *Uromyces setariae-italicae* em *Brachiaria humidicola* cv. Humidicola em Mato Grosso do Sul: primeiro relato. **Revista Agrária Acadêmica**, v.1, n.4, 2018. DOI: doi: 10.32406/v1n42018/71-74/agrariacad

Capítulo 7

Avanços no controle de doenças fúngicas de plantas forrageiras no Brasil

Patrícia Resplandes Rocha dos Santos*¹

Dalmarcia de Souza Carlos Mourão²

Taila Neitzke³

Dheime Ribeiro de Miranda⁴

Albert Lennon Lima Martins⁵

Weslany Silva Rocha⁶

Gil Rodrigues dos Santos⁷

* Autor para correspondência: patriciaresplandes.agro@gmail.com

Resumo

A sanidade da semente constitui fator importante para o estabelecimento e a manutenção de pastagens de boa qualidade. A literatura destaca diversos trabalhos associando fungos a sementes forrageiras comercializadas no país, o que contribui para o surgimento de epidemias no campo e o comprometimento da qualidade fisiológica e sanitária destas sementes. Esta relação patógeno/semente ainda não está bem definida. Dentre os fungos constatados, diversos são patógenos de gramíneas, não se conhecendo, porém, a sua patogenicidade e os danos que ocasionam as forrageiras. Nesse sentido, esta revisão teve como objetivo verificar a eficiência do controle químico e as formulações que apresentaram os melhores resultados para a redução da intensidade do fitopatógenos e também a eficiência do controle biológico e capacidade competitiva de microrganismos. A metodologia está baseada numa pesquisa bibliográfica e descritiva, foram realizadas buscas nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Periódicos CAPES, SciELO e Scopus. Nesta revisão são relatadas as doenças fúngicas visualizadas até momento nas plantas forrageiras brasileiras como *Brachiaria spp.*, *Panicum spp.* em áreas de produção agropecuária. Relata os fungos mais comuns associados a forrageiras e aborda medidas de controle químico, baseado em ingredientes registrados para pastagens e também discute potencial do controle biológico com agentes antagonista contra fungos fitopatogênicos. Desta forma, observa-se uma demanda significativa por pesquisas que elucidem os mecanismos de transmissão, quantifiquem os danos e avaliem os benefícios econômicos relacionados ao diagnóstico correto dessas pragas e quais os métodos de controle mais eficientes para as doenças fúngicas visualizadas até momento nas plantas forrageiras brasileiras como *Brachiaria spp.*, *Panicum spp.*. Esses dados são essenciais para elucidar as interações planta-patógeno, e consequente-

1 Doutora em Produção Vegetal, Pós-doutoranda Júnior no Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Campus Lagoa da Confusão, Rua 02 Lote 01 Quadra 05-A, Setor Lagoa da Ilha, 77493-000, Lagoa da Confusão - TO, Brasil. E-mail: patriciaresplandes.agro@gmail.com

2 Doutora em Produção Vegetal/ Técnica em laboratório de fitopatologia da Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: dalmarciaadm@uft.edu.br

3 Doutoranda da Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi, Departamento do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: tailaneitzke@gmail.com

4 Mestranda em Produção Vegetal / Técnica de laboratório de anatomia e fisiologia vegetal IFTO, Campus Dianópolis Universidade, Rodovia TO-040, Km 349, Loteamento Rio Palmeira, Lote 10 Zona Rural, Dianópolis - TO, CEP: 77300-000, Brasil. E-mail: dheime.miranda@iftto.edu.br

5 Departamento de Agronegócios, Universidade Estadual do Tocantins, 108 Sul Alameda 11 Lote 03 centro, CEP: 77020-122, Palmas -TO, Brasil. E-mail: albert.lli@unitins.br

6 Laboratório de Fitoterapia, Universidade Federal do Tocantins, 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14. Plano Diretor Norte. CEP: 77001-090. Palmas/TO, Av. Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO, Brasil. E-mail: weslany.rocha@mail.ift.edu.br

7 Departamento de Agronomia, Universidade Federal do Tocantins, Chácara 69-72 Rua Badejos, Lote 7 s/n, Jardim Sevilha, 77410-530, Gurupi, Brasil. E-mail: gilrsan@uft.edu.br

mente melhorar a eficiência produtiva das forrageiras e as formulações dos produtos mais específicas que abordem estratégia de controle mais viável para patógenos, visto que isso, reduz custos de produção e riscos ambientais.

Palavras-chave: Manejo integrado de doenças, Práticas culturais, Defesa, Fitossanitária.

Introdução

A importância das pastagens brasileiras não se limita apenas à alimentação animal. O país se destaca, também, como maior produtor, exportador e consumidor de sementes de forrageiras tropicais (Lazia, 2012). Com isso, torna-se evidente o estabelecimento de medidas de controle de doenças, que fortaleçam o setor de produção de sementes forrageiras, ainda vulnerável ao que tange controle fitossanitário de fungos.

Um dos principais problemas nas áreas destinadas ao cultivo da pastagem é a alta incidência de pragas e doenças, pois restringe o potencial produtivo das plantas forrageiras (Verzignassi e Fernandes, 2001b).

Avelino *et al.* (2019), relataram que fungos mais comuns associados a forrageiras são dos gêneros *Bipolaris*, *Curvularia*, *Exserohilum*, *Phoma*, *Fusarium*, *Pythium* e *Rhizoctonia*, responsáveis principalmente por causarem manchas foliares, podridões de plântulas e raízes e morte de plantas. Estes autores destacaram como medidas de controle o uso de cultivares resistentes, sementes com boa qualidade sanitária, rotação de culturas, eliminação de restos culturais e controle químico, baseado em ingredientes registrados para pastagens como Tiram, Carboxina, Fludioxonil, Metalaxyl-M, além de outros ingredientes não recomendados como Tebuconazole, Piraclostrobina, Epoxiconazol, Tiabendazol.

O manejo dessas doenças requer o diagnóstico correto, compreensão do ciclo do patógeno e do seu vetor, da influência das condições ambientais na manifestação da doença e do conhecimento das modalidades de controle disponíveis (Sanches *et al.*, 2023).

Fernandes *et al.* (2010), avaliando o efeito de fungicidas aplicados na parte aérea de *B. brizantha* cv. Xaraés sobre a produtividade e sanidade de sementes produzidas, concluíram que em condições experimentais, não houve diferença entre tratamentos para a produtividade de sementes, mas sim, para a melhoria da sanidade das sementes, sobretudo, quando aplicado duas vezes pyraclostrobin + epoxiconazole e tebuconazole. Porém, estes autores relatam que apesar da melhoria da sanidade das sementes com a aplicação de fungicidas, dificilmente os custos de aplicação seriam justificados para este fim. Visto isto, é nítida a necessidade da realização de estudos que viabilizem este tipo de controle.

Para controlar as doenças, sobretudo causadas por fungos, são necessários fungicidas, que constituem fator de risco ao meio ambiente. Com isso, o controle biológico mediante uso de biofungicidas tem se tornado cada vez mais importante no combate a doenças, principalmente em manejo integrado de doenças. Entretanto, para gramíneas forrageiras, ainda são vagas as informações sobre controle químico

de patógenos, muito menos sobre o controle biológico.

Devido aos poucos produtos registrados para o controle de doenças, muitas pesquisas são desenvolvidas com intuito de propor resultados de produtos também utilizados em outras culturas para o tratamento de fungos de plantas forrageiras (Marchi *et al.*, 2008a).

Diante disso, haja uma gama variada de patógenos incidentes em sementes e pastagens e do limitado número de produtos registrados para o controle de doenças, percebe-se a demanda sobre estudos de controle fitossanitário de doenças fúngicas.

Nesse sentido, esta revisão teve como objetivo verificar a eficiência do controle químico e as formulações que apresentaram os melhores resultados para a redução da intensidade do fitopatógenos e também a eficiência do controle biológico para doenças fúngicas de forrageiras no Brasil.

Metodologia

Diante da alta incidência de pragas e doenças das pastagens e do limitado número de produtos fitossanitários disponíveis no Brasil, esta pesquisa constituiu-se de uma revisão de literatura descritiva com a verificar os principais produtos fitossanitários disponíveis para manejo das forrageiras cultivadas no Brasil. Assim, a metodologia está baseada numa pesquisa bibliográfica e descritiva, foram realizadas buscas de periódicos científicos mais recentes, artigos e livros publicados sobre o assunto. As buscas ocorreram no segundo semestre de 2023, adotando-se bases de dados como fonte de pesquisa, sendo: Scielo, Google Acadêmico, Science Direct e Periódicos Capes. Foram selecionadas as seguintes palavras-chave “pastagens”, “controle químico”, “manejo integrado de doenças” “pastagem”, “fungos”.

Os termos foram escolhidos para expandir a área de pesquisa a fim de explorar a produção científica relacionada ao controle químico e biológico de fungos fitopatogênicos em forrageiras. As informações coletadas foram por meio de consulta em publicações de autores de referência na área de estudo com posterior leitura crítica acerca do assunto

Por se tratar de uma revisão de literatura narrativa, onde a escolha dos estudos para compor a fundamentação teórica da pesquisa não necessita o esgotamento de uma fonte de dados, não houve um fluxograma definido referente a cada etapa de seleção das pesquisas, considerando a amplitude utilizada.

Com a seleção dos dados, pode-se refletir sobre a eficiência do controle químico e das formulações que apresentaram os melhores resultados para a redução da intensidade do fitopatógenos, além da eficiência do controle biológico para doenças fúngicas de forrageiras no Brasil.

Resultados e Discussão

De acordo com o Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários - AGROFIT (BRASIL, 2019), existem apenas seis ingredientes ativos registrados para o controle de fungos em pastagens/semestes, tais são: carboxina (carboxanilida), fluazinam (fenilpiridinilamina), fludioxonil (fenilpirrol), metalaxil-M (acilalaninato), tiofanato-metílico (benzimidazol) e tiram (dimetilditiocarbamato), recomendados principalmente para o controle de fusariose, mofos, tombamento e manchas foliares.

Conforme apresentado na tabela 1, até existem alguns produtos que possuem registro para controle de patógenos em sementes de forrageiras, mas esses produtos são registrados de forma generalizada para pastagens, não existindo a especificidade em relação ao gênero da pastagem. Como consequência, o tratamento de sementes não será eficiente para eliminar patógenos presentes nas mesmas, pois a não especificidade acarreta problemas, por exemplo, de dose correta em relação ao tamanho da semente principalmente, não garantindo assim a eficiência da dose recomendada do produto (Arruda *et al.*, 2018).

Tabela 1. Ingredientes ativos registrados para controle de doenças em pastagens no Brasil, 2024.

Cultura	Fungo	Nome vulgar	Controle
Pastagens	<i>Fusarium moniliforme</i>	Fusariose	Carboxina + Tiram
Pastagens	<i>Fusarium semitectum</i>	Fusariose	Carboxina + Tiram
Pastagens	<i>Curvularia</i> spp.	Mofo dos grãos	Carboxina + Tiram
Pastagens	<i>Phoma</i> spp.	Queima-das-glumelas	Carboxina + Tiram
Pastagens	<i>Drechslera</i> spp.	Mancha-reticular	Carboxina + Tiram
Pastagens	<i>Aspergillus flavus</i>	Fungo-de-pós-colheita	Tiofanato metílico + Fluazinam
Pastagens	<i>Penicillium digitatum</i>	Bolor-verde	Tiofanato metílico + Fluazinam
Pastagens	<i>Fusarium moniliforme</i>	Fusariose	Tiofanato metílico + Fluazinam
Pastagens	<i>Rhizoctonia solani</i>	Tombamento	Fludioxonil + Metalaxil-M
Pastagens	<i>Penicillium</i> spp.	Fungo de Armazenamento	Fludioxonil + Metalaxil-M
Pastagens	<i>Alternaria</i> spp.	Mancha de Alternaria	Fludioxonil + Metalaxil-M
Pastagens	<i>Rhizopus</i> spp.	Mofo Preto	Fludioxonil + Metalaxil-M
Pastagens	<i>Fusarium</i> spp.	Fusariose	Fludioxonil + Metalaxil-M
Pastagens	<i>Fusarium</i> spp.	Fusariose	Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil
Pastagens	<i>Bipolaris</i> spp.	Mancha Foliar de Bipolaris	Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil

Fonte: Elaborada pela própria autora.

De acordo com Marchi *et al.* (2008a), que verificaram a eficiência de fungicidas na parte aérea de *B. brizantha* cv. Piatã no controle da incidência de carvão (*Ustilago operata*), e que mesmo em incidência máxima da doença de 15% no campo, o fungicida tebuconazole e as formulações pyraclostrobin + epo-

xyconazole e trifloxystrobin + cyproconazole foram os mais promissores. Em outro trabalho, Marchi *et al.* (2011), concluíram que carboxin + tiram apresentaram os melhores resultados para a redução da intensidade do carvão nas sementes de braquiária. Esta mistura, carboxin + tiram, é um dos poucos produtos registrados para a utilização no tratamento de sementes de pastagens.

Em ensaio realizado para verificação da eficiência do controle químico de ferrugem (*P. levis* var. *panici-sanguinalis*) em *B. brizantha* cv. Xaraés, Marchi *et al.* (2007a), relataram que pyraclostrobin + epoxycyconazole, azoxystrobin + cyproconazole e trifloxystrobin + cyproconazole, foram os fungicidas que apresentaram maior eficiência. E ainda destacaram que no germoplasma de braquiária, foi possível constatar variabilidade genética entre os acessos, incluindo materiais resistentes a altamente suscetíveis à ferrugem.

Lasca *et al.* (2004), avaliando diferentes fungicidas no controle de fungos em sementes de *B. decumbens*, aferiram que as maiores reduções de *Phoma* sp. foram obtidas nos tratamentos com thiram, carboxin + thiram e captan. Ademais, os fungicidas thiram + thiabendazole, carboxin +thiram e thiram apresentaram eficiência no controle de fungos de sementes de *B. decumbens*, com reflexos positivos sobre a emergência. Já para o tratamento de sementes de *B. brizantha*, Lasca *et al.* (2004), sugerem em ordem decrescente em relação ao número de gêneros de fungos por eles controlados: carbendazim + thiram, thiram e captan; (carbendazim + thiram) + fipronil; carboxin + thiram e tolylfluanid; difenoconazole. Em Santos *et al.* (2010), avaliando o efeito de diferentes materiais de revestimento em associação com tratamento químico sobre desempenho das sementes de *B. brizantha* cv. Marandu durante o armazenamento, constataram que o tratamento químico com fungicida carbendazim + thiram e inseticida Fipronil nas sementes revestidas ou não, foi eficiente no controle de fungos e promoveu melhor desempenho fisiológico ao longo do armazenamento de sementes.

O capim Marandu é relatado como suscetível a *Fusarium* sp., o qual é apontado como um dos possíveis agentes causais da mortalidade dessa forrageira. Esse patógeno é capaz de afetar a capacidade germinativa das sementes, prejudicando o estabelecimento da pastagem, com isso, Marchi *et al.* (2006), verificaram a eficiência do tratamento de sementes desta cultivar no controle de *Fusarium* sp. e outros fungos de solo, e destacaram que Carboxim + Tiram ou Tebuconazole, apresentaram melhor desempenho, independente da presença do isolado de *Fusarium* sp. no solo. Ainda, Captan, na dose adotada pelos autores, não apresentou controle eficiente de *Fusarium* sp. e de outros fungos de solo, afetando, inclusive a germinação das sementes.

Sobre o manejo de *P. maximum* cv. Tanzânia, Arruda *et al.* (2018), destacaram que os fungicidas utilizados para o tratamento das sementes, como Fluazinam + Tiofanato metílico, foi o mais eficiente em diminuir a incidência dos patógenos. Relataram ainda que, a mistura comercial dos princípios ativos Azoxistrobina + Ciproconazol foi mais eficiente na diminuição da severidade da mancha foliar causada por *B. maydis*, através da pulverização aérea das plantas de capim Tanzânia e concluíram que o manejo da mancha foliar de *B. maydis* em capim Tanzânia é favorecido pela pulverização de fungicida no período de descanso das pastagens. Cruciol *et al.* (2014), relataram que a escarificação mecânica propicia maior percentual e velocidade de germinação de sementes de *B. humidicola* e menor desenvolvimento de pató-

genos no teste de germinação, caso de *Bipolaris*. Para o controle da cárie-do-sino em *P. maximum*, Marchi *et al.* (2011), reportaram a utilização de cultivares resistentes, como também, o tratamento de sementes com carboxin + tiram.

Outro trabalho utilizando produtos químicos, foi proposto por Fernandes *et al.* (2017), sendo que a aplicação de fungicidas na parte aérea das plantas de *B. brizantha* cv. Xaraés em Campo Grande, onde houve alta incidência dos fungos como *Alternaria* sp., *Bipolaris* sp., *Curvularia* sp., *Fusarium* sp. e *Phoma* sp. nas sementes, revelou o efeito benéfico do tratamento, sobretudo com trifloxistrobina + ciproconazole, o qual reduziu significativamente a ocorrência de *Bipolaris* sp., *Fusarium* sp. e *Phoma* sp.

Para o controle de mela-das-sementes, provocada pelo fungo *Claviceps maximensis*, na cultivar *B. brizantha* cv. Piatã, os melhores resultados encontrados por Fernandes *et al.* (2017), foram com os tratamentos trifloxistrobina + ciproconazole; e outro com primeira aplicação de piraclostrobina + epoxiconazole, segunda aplicação de tebuconazole e terceira aplicação de piraclostrobina + epoxiconazole. Em trabalho realizado por Marchi *et al.* (2008b), verificaram que o controle mais promissor da mela-das-sementes em capim Marandu foi com os produtos Triadimenol, com uma ou duas aplicações, Piraclostrobin + Epoxiconazole, Azoxistrobin + Ciproconazole, Trifloxistrobin + Ciproconazole ou Tebuconazole, com duas aplicações. Já em capim Xaraés, o melhor controle foi alcançado com Piraclostrobin + Epoxiconazole, independentemente do número de aplicações, Triadimenol, Trifloxistrobin + Ciproconazole ou Tebuconazole, com duas aplicações. Verzignassi *et al.* (2001b), por exemplo, avaliando diferentes fungicidas, consideraram azoxystrobin, triadimenol e tebuconazole os mais promissores para o controle da mela-das-sementes, quando aplicados no primeiro pico de florescimento da cultura.

A mela-das-sementes tem sido problema frequente nos campos de produção de sementes de *Brachiaria* e *Panicum*, doença conhecida por causar exsudação de líquido de aspecto pegajoso nas sementes, contudo, também não existem cultivares resistentes à doença. Como medida de controle, Verzignassi *et al.* (2003), recomendam o uso de sementes de boa qualidade sanitária produzidas em áreas livre da doença; uso de sementes tratadas com fungicidas de amplo espectro; plantio em área de baixa probabilidade de ocorrência de condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença; plantio em áreas isoladas de campos de pastagens; eliminação de plantas hospedeiras das bordaduras do campo de produção; e redução do trânsito de pessoas e máquinas dentro do campo de produção durante o período mais suscetível à doença.

Gasparetto (2017), identificou fungos fitopatogênicos associados às sementes de *Paspalum queñoarum*, forrageira nativa, e constatou que as espécies de fungos fitopatogênicos mais frequentes nos lotes de sementes são *Bipolaris micropus*, *Curvularia geniculata*, *Fusarium incarnatum* e *Phoma herbarum*. E em condições *in vitro*, os autores relataram que o tratamento com o fungicida Carboxina + Tiram inibe com alta eficácia o crescimento micelial dos fungos *F. incarnatum*, *C. geniculata* e *B. micropus*, ao passo que Metalaxil + Fludioxonil inibe com alta eficácia os fungos *P. herbarum*, *C. geniculata* e *B. micropus*.

Com intenso desenvolvimento da síndrome da morte do capim Marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) em áreas de pastagens, Holschuch *et al.* (2015), propuseram a utilização de outras forrageiras em áreas com incidência desta síndrome, com intuito de avaliar o desenvolvimento das mesmas. Ao final,

estes autores destacaram que, o capim Mombaça obteve o maior acúmulo de forragem. Os cultivares Estrela, Marandu, Massai, Ruziziensis e Tanzânia apresentaram os menores acúmulos de forragem no período avaliado. Os cultivares Marandu, Piatã e Mulato II são forrageiras que não resistem ao excesso de umidade apresentando sintomas de morte. O Tanzânia foi acometido pela mancha foliar de *Helminthosporium carbonum* e não é indicada para substituição em pastagens com a síndrome. Os cultivares Mombaça, Xaraés, Massai, Ruziziensis, Llaneiro e Estrela roxa não apresentaram sintomas de deficiência em decorrência ao excesso de umidade, podendo ser alternativas em substituição ao Marandu em pastagens acometidas pela síndrome da morte do capim Marandu. Sendo esta, uma possibilidade de alternativa de controle aos efeitos da morte súbita de *Brachiaria*.

Durante o processamento de sementes forrageiras, é muito comum a utilização do ácido sulfúrico para quebra de dormência. Contudo, tem se observado trabalhos associando a erradicação de patógenos em sementes por meio da utilização do ácido sulfúrico, além da superação da dormência. Muller *et al.* (2013), descreveram que sementes de *B. brizantha* cv. Marandu submetidas a imersão em diferentes tempos com ácido sulfúrico, tiveram redução da incidência de fungos como *Bipolaris* sp., *Phoma* sp. e *Curvularia* sp. Para *Fusarium* sp., houve redução da incidência apenas para exposição ao ácido acima de 10 minutos. Além disso, os autores relataram que o tempo máximo de 15 minutos das sementes em ácido sulfúrico, aumentou a germinação das mesmas, sendo uma boa estratégia para a redução de fungos, bem como para a superação de dormência. Sbalcheiro *et al.* (2014), também relataram o tratamento de sementes de *B. brizantha* com ácido sulfúrico, proporcionando melhor desempenho germinativo das sementes e redução da incidência de fungos.

Ainda utilizando ácido sulfúrico, Marchi *et al.* (2008a), analisaram os potenciais dos tratamentos térmico e químico em sementes de *B. brizantha* cv. Piatã, sobre a superação da dormência física e na redução de inóculo de carvão (*Ustilago operta*). Estes autores constataram que à medida que se prolongou a escarificação química das sementes com ácido sulfúrico, se evidenciou decréscimo do inóculo de carvão e um menor número de teliósporos foi observado nas sementes expostas ao ácido por 10 minutos, sem redução da capacidade germinativa das mesmas. Os resultados do tratamento térmico (imersão de sementes em água quente) não foram satisfatórios.

Evoluindo a passos lentos, existem alguns poucos relatos da possibilidade de manejo de doenças de forma biológica em pastagens. Como exemplo, há alguns trabalhos analisando a interação positiva entre fungos e plantas, a partir da identificação de microrganismos endofíticos habitantes do interior das plantas sem causar prejuízos ao hospedeiro (Marquez *et al.*, 2012). Este tipo de microrganismo tem capacidade de atuar no controle do crescimento de patógenos, além de outras ações.

À exemplo, Gama (2014), isolou fungos endofíticos de forrageiras e constou que 10 isolados de *Brachiaria* mostraram ação antifúngica contra *Sclerotinia sclerotiorum* (fitopatogênico à soja), como *Paraconiothyrium* sp., *Sarocladium kiliense*, *Cladosporium flabelliforme*, *Acremonium curvulum*, *Dissoconium* sp. e *Setophoma terrestris*. Em plantas de *Cynodon*, esta autora identificou como endofíticos *Sarocladium spinificis* e *Sarocladium* sp. Neste caso, o antagonismo dos fungos endofíticos encontrados foi comparado a um patógeno da cultura da soja, entretanto, como há uma diversidade de fungos que

acometem sementes e plantas forrageiras, desperta-se então, o interesse sobre testes que comprovem se há algum efeito destes endofíticos encontrados na *Brachiaria* sobre doenças da própria planta. Kelemu *et al.* (2004), desenvolveram trabalho sobre a relação entre fungos endofíticos e plantas de *Brachiaria*, e constaram que *B. arrecta* infectadas com *Acremonium implicatum*, em condições de estresse, por falta de água, produziram maior quantidade de biomassa foliar do que plantas não infectadas. Também observaram que nas plantas de *B. brizantha* infectadas endofíticamente, as lesões causadas pelo fungo *Drechslera* sp. foram menores e em menor quantidade. O fungo endofítico também inibiu o crescimento de *Rhizoctonia solani* e de *Pyricularia oryzae*, em folhas de *Brachiaria*.

Teasdale *et al.* (2018), investigaram a diversidade de fungos endófitos associados a *Brachiaria* e identificaram como isolados mais comuns os fungos *Acremonium*, *Cladosporium*, *Emericellopsis*, *Plectosphaerella* e *Sarocladium*. Estes isolados endofíticos foram confrontados com os fungos fitopatogênicos, isolados de material sintomático de *Brachiaria*, como *Alternaria alternatum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Curvularia trifolii* e *Epicoccum nigrum* e pelos menos 20 isolados mostraram forte atividade antifúngica de amplo espectro. Maia *et al.* (2018), isolaram fungos endofíticos de *P. maximum* e *P. purpureum*, e concluíram que os isolados mais frequentes foram *Sarocladium* sp. e *Ramichloridium* sp., outros em menor frequência foram *Acremonium* sp., *Cladosporium* sp., *Paraconiothyrium* sp. e *Sporisorium* sp. Como resposta, os autores relataram que em ensaios de confrontamento, trinta isolados endofíticos reduziram o crescimento de pelo menos um dos três fungos patogênicos incluídos no bioensaio, sendo *Bipolaris maydis*, *Penicillium expansum* e *Sclerotinia minor*.

Sarocladium sp. tem sido constantemente relatado como fungo endofítico em gramíneas, sobretudo em *Brachiaria*, e como já demonstrado acima, possui grande capacidade antagonista contra fungos fitopatogênicos. Liu *et al.* (2017), identificaram uma nova espécie de *Sarocladium*, isolado de *Brachiaria brizantha*, proposto como *Sarocladium brachiariae*. De acordo com os autores, a nova espécie tem demonstrado ação de inibição de amplo espectro no crescimento de muitos fungos patogênicos de plantas, tais como *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporum*, *Gloeosporium musarum*, *Corynespora cassicola*, *Magnaporthe grisea*, *Bipolaris oryzae*, *Colletotrichum falcatum* e *Drechslera* sp.

Em outra linha, fungos pertencentes ao gênero *Trichoderma* estão entre os mais estudados e utilizados como agentes de biocontrole de doenças vegetais em todo o mundo (Isaias *et al.*, 2014). Esses microrganismos de vida livre e altamente interativos no solo, nas superfícies radiculares e no interior dos tecidos vegetais (Rajendiran *et al.*, 2010), apresentam atividade antagônica contra fungos fitopatogênicos. Desta forma, a identificação de micoflora fúngica em sementes forrageiras, inclusive de fungos com potencial antagônico a patógenos, em especial *Trichoderma*, torna-se uma ferramenta eficaz e sustentável no controle de doenças. Segundo Duffy *et al.* (2003), os antagonistas utilizam diferentes mecanismos de domínio nas interações com patógenos, essas por sua vez, têm surpreendentemente diversas respostas para neutralizar o antagonismo. Com isso, a importância de que talvez, o melhor método para obter um potencial agente de biocontrole seja isolar espécies de *Trichoderma* spp. de áreas de solos e plantas onde a doença esteja ocorrendo.

Neste sentido, Marchi *et al.* (2010a), verificaram a frequência de *Trichoderma* sp. em 3,8% de lotes de sementes de *Brachiaria*, sendo também relatado por outros autores a ocorrência deste gênero (Fernandes *et al.*, 2005; Marchi *et al.*, 2006; Vechiato *et al.*, 2010; Sbalcheiro *et al.*, 2014). Santos *et al.* (2014), identificaram *Trichoderma* spp. associado a sementes de *B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. ruziziensis*. Com isso, sabe-se que existem espécies de *Trichoderma* spp. em pastagens, onde também há incidência de doenças, sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que abordem esta estratégia como controle e que seja uma prática viável.

Já foram demonstrados em outros trabalhos a efetividade no controle de *Rhizoctonia solani* a partir de isolados de *Trichoderma* sp. (Lewis e Lumsden, 2001; Lucon *et al.*, 2009), fungo também patogênico à *Brachiaria*. Avelino *et al.* (2019), em uma análise sobre os principais fungos associados a espécies forrageiras, relataram a incidência de *Pythium* sp. e *Rhizoctonia* sp., patogênicos à *Brachiaria* (Barbosa, 2006; Marchi *et al.*, 2011) e sobre as estratégias de controle, indicando a aquisição de sementes sadias e utilização de *Trichoderma* spp. Em experimento confrontante entre fungos associados a forrageira *Paspalum notatum*, Aguiar *et al.* (2013), verificaram a alta eficácia de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium* sp. e *Curvularia* sp. Bueno-Pallero *et al.* (2016), também utilizaram *Trichoderma gamsii* contra um agente patogênico da gramínea *Agrostis stolonifera* var. *palustres*, e ao final observaram capacidade supressiva contra *Curvularia* sp., tanto *in vitro* como *in vivo*. A partir de isolados de *Trichoderma* spp. extraídos de folhas sadias do capim *Cymbopogon nardus*, (Lopes *et al.*, 2017), identificaram efeito antagônico contra os fitopatógenos *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata* e *Fusarium oxysporum*, fungos muito comumente encontrados em gramíneas e causadores de manchas foliares e redução da produção de sementes.

A partir destes trabalhos citados, sabe-se do potencial efeito antagônico, principalmente, de *Trichoderma* sp. e *Sarocladium* sp., aos fitopatógenos comumente associados as gramíneas forrageiras como controle biológico, juntamente com as estratégias de controle químico relatados pela literatura. A tabela 2, apresenta resumidamente as estratégias de controle desenvolvidas por vários pesquisadores, incluindo ou não, produtos registrados para pastagens.

Tabela 2. Descrição resumida de produtos utilizados em pesquisas para o controle de patógenos em pastagens forrageiras, Brasil, 2024.

Fungo	Hospedeiro	Órgão	Controle	Literatura
<i>Alternaria</i> sp., <i>Bipolaris</i> sp., <i>Curvularia</i> sp., <i>Epicoccum</i> sp.	<i>Brachiaria</i> sp.	Parte aérea/Semente	Fungos endofíticos com potencial antagônico: <i>Acremonium</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Emericellopsis</i> , <i>Plectosphaerella</i> , <i>Sarocladium</i>	Teasdale et al. 2018
<i>Bipolaris maydis</i> , <i>Penicillium</i> sp.	<i>P. maximum</i> , <i>P. purpureum</i>	Parte aérea/Semente	Fungos endofíticos com potencial antagônico: <i>Sarocladium</i> sp., <i>Ramichloridium</i> sp., <i>Acremonium</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Paraconiothyrium</i> sp., <i>Sporisorium</i> sp.	Maia et al. 2018
<i>Bipolaris maydis</i>	<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	Parte aérea	Azoxistrobina + Ciproconazol	Arruda et al. 2018
<i>Bipolaris maydis</i>	<i>P. maximum</i> cv. Tanzânia	Semente	Fluazinam + Tiofanato metílico	Arruda et al. 2018
<i>Bipolaris oryzae</i> , <i>Curvularia lunata</i> , <i>Fusarium</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea/Semente	Fungo endofítico com potencial antagônico: <i>Trichoderma</i> sp.	Lopes et al. 2017
<i>Bipolaris</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Semente	Ácido sulfúrico	Muller et al. 2013
<i>Bipolaris</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea	Cultivares resistentes, Tebuconazole, Piraclostrobina + Epoxiconazol	Avelino et al. 2019
<i>Claviceps maximensis</i>	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Parte aérea	Piraclostrobina + Epoxiconazol, Triadimenol, Trifloxistrobina + Ciproconazol ou Tebuconazole	Marchi et al. 2008b
<i>Claviceps maximensis</i>	<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	Parte aérea/Panicula	Trifloxistrobina + Ciproconazol, 1ª Piraclostrobina + Epoxiconazol, 2ª Tebuconazole e 3ª Piraclostrobina + Epoxiconazol	Fernandes et al. 2017
<i>Claviceps maximensis</i>	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Parte aérea	Triadimenol, Piraclostrobina + Epoxiconazol, Azoxistrobina + Ciproconazol, Trifloxistrobina + Ciproconazol ou Tebuconazole	Marchi et al. 2008b
<i>Claviceps sulcata</i>	<i>Brachiaria</i> sp.	Parte aérea	Azoxistrobina, Triadimenol e Tebuconazole	Verzignassi et al. 2001b
<i>Colletotrichum</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Magnaporthe grisea</i> , <i>Bipolaris oryzae</i> , <i>Drechslera</i> sp.	<i>Brachiaria</i> brizantha	Parte aérea/Semente	Fungo endofítico com potencial antagônico: <i>Sarocladium brachiariae</i>	Liu et al. 2017

<i>Curvularia</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Semente	Ácido sulfúrico	Muller et al. 2013
<i>Curvularia</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea	Tiram; Tiram + Carboxina, Flu-dioxonil + Metalaxyl-M, Tiaben-dazol	Avelino et al. 2019
<i>Curvularia</i> sp.	<i>Agrostis stolonifera</i> var. <i>pa-lustres</i>	Parte aérea	<i>Trichoderma gamsii</i>	Bueno-Palle-ro et al. 2016
<i>Drechslera</i> sp.	<i>B. brizantha</i>	Parte aérea	Fungo endofítico com potencial antagônico: <i>Acremonium impli-catum</i>	Kelemu et al. 2004
<i>Exserohilum</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea	Plantas resistentes, rotação de cultura	Avelino et al. 2019
<i>Fusarium</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Semente	Ácido sulfúrico	Muller et al. 2013
<i>Fusarium</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Parte aérea/Semente	Triadimenol e Piraclostrobina + Epoxiconazol	Fernandes et al. 2010
<i>Fusarium</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Semente	Carboxina + Tiram ou Tebuconazole	Marchi et al. 2006
<i>Fusarium</i> sp.	Forrageiras	Raízes	Cultivares resistentes, sanidade e certificação de sementes, Tiram, Carboxina + Tiram, Flu-dioxonil + Metalaxyl-M	Avelino et al. 2019
<i>Fusarium</i> sp., <i>Curvularia</i> sp.	<i>Paspalum notatum</i>	Sementes	<i>Trichoderma</i> spp.	Aguiar et al. 2013
<i>Phoma</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Semente	Ácido sulfúrico	Muller et al. 2013
<i>Phoma</i> sp.	<i>B. decumbens</i>	Semente	Tiram, Carboxina + Tiram e Captana	Lasca et al. 2004
<i>Phoma</i> sp.	Forrageiras	Parte aérea	Tiram, Tiram + Carboxina, Flu-dioxonil + Metalaxyl-M	Avelino et al. 2019
<i>Puccinia</i> <i>levis</i> var. <i>panici-sanguinalis</i>	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Parte aérea	Plantas resistentes. Piraclostrobina + Epoxiconazol, Azoxistrobina + Ciproconazol e Trifloxistrobina + Ciproconazol	Marchi et al. 2007a; Marchi et al. 2011
<i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp.	Forrageiras	Raízes	Controle químico de sementes, rotação de culturas, eliminação de restos culturais, controle biológico com <i>Trichoderma</i> sp.	Avelino et al. 2019
<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Pyricularia oryzae</i>	<i>Brachiaria</i> sp.	Parte aérea	Fungo endofítico com potencial antagônico: <i>Acremonium impli-catum</i>	Kelemu et al. 2004

<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Brachiaria</i> sp.	Raízes/Parte aérea	Fungo endofítico com potencial antagônico: <i>Trichoderma</i> sp.	Lewis e Lumsden, 2001; Lucon et al. 2009
<i>Tilletia ayresii</i>	<i>P. maximum</i>	Parte aérea/semente	Carboxina + Tiram	Marchi et al. 2011
TS	<i>B. decumbens</i>	Semente	Tiram + Tiabendazol, Carboxina + Tiram e Tiram	Lasca et al. 2004
TS	<i>B. brizantha</i> cv. Marandu	Semente	Carbendazim + Tiram e Fipronil	Santos et al. 2010
TS - <i>Bipolaris micropus</i> , <i>Curvularia geniculata</i> , <i>Fusarium incarnatum</i> e <i>Phoma herbarum</i>	<i>Paspalum gue-noarum</i>	Semente	Carboxina + Tiram, Metalaxyl-M + Fludioxonil	Gasparetto, 2017
TS - <i>Bipolaris</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Phoma</i> sp.	<i>B. brizantha</i> cv. Xaraés	Semente	Trifloxistrobina + Ciproconazol	Fernandes et al. 2017
<i>Ustilago operata</i>	<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	Semente	Ácido sulfúrico	Marchi et al. 2008a
<i>Ustilago operata</i>	<i>B. brizantha</i> cv. Piatã	Parte aérea/Panícula	Tebuconazole, Piraclostrobina + Epoxiconazol, Trifloxistrobina + Ciproconazol	Marchi et al. 2008a
<i>Ustilago operata</i>	<i>Brachiaria</i> sp.	Parte aérea/Panícula	Carboxina + Tiram	Marchi et al. 2011
Patógenos de pastagens	<i>Brachiaria</i> sp., <i>Cynodon</i> sp.	Parte aérea/Se-mente	Fungos endofíticos com potencial antagônico: <i>Paraconiothyrium</i> sp., <i>Sarocladium kiliense</i> , <i>Sarocladium spinificis</i> , <i>Cladosporium flabelliforme</i> , <i>Acremonium curvulum</i> , <i>Dissoconium</i> sp., <i>Setophoma terres-tris</i>	Gama, 2014

(TS) - Tratamento de sementes.

Fonte: Elaborada pela própria autora.

Diante os dados apresentados sobre doenças incidentes em pastagens, torna-se incontestável a necessidade de utilização de medidas para evitar a entrada ou que proporcionem redução e/ou eliminação dos patógenos no campo de produção de sementes, estendendo-se até o seu beneficiamento e armazenamento (Mallmann et al., 2013). Onde se reafirma também que, o uso de sementes de baixa qualidade sanitária tem sido causa frequente do fracasso na formação de áreas de pastagens, impactando negativamente na sustentabilidade da atividade pecuária.

Considerações finais

Mesmo com os avanços nos programas de melhoramento genéticos no Brasil, ainda enfrentamos desafios nas áreas de pastagens de alta qualidade, como o aumento de patógenos com alta diversidade de hospedeiros e limitação de produtos fitossanitários específicos. Desta forma, observa-se uma demanda significativa por pesquisas que elucidem os mecanismos de transmissão, quantifiquem os danos e avaliem os benefícios econômicos relacionados ao diagnóstico correto dessas pragas e quais os métodos de controle mais eficientes para as doenças fúngicas visualizadas até momento nas plantas forrageiras brasileiras como *Brahiaria spp.*, *Panicum spp.*. Esses dados são essenciais para elucidar as interações planta-patógeno, e consequentemente melhorar a eficiência produtiva das forrageiras e as formulações dos produtos mais específicas que abordem estratégia de controle mais viável para patógenos, visto que isso, reduz custos de produção e riscos ambientais.

Referências

- AGUIAR, A.R.; AGUIAR, D.; TEDESCO, S.B.; SILVA, A.C.F. Antagonismo a fungos associados às sementes de *Paspalum notatum* Flügge por *Trichoderma*. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.197-204, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/ANTAGONISMO.pdf>. Acesso em: 18 set. 2023.
- ARRUDA, B.R.O.; BERTÃO, D.F.L.; FREITAS, G.L.; SILVA, L.O.B.; OLIVEIRA, J.A.G. Manejo de *Bipolaris maydis* em sementes e parte aérea de capim Tanzânia. **Revista Conexão Eletrônica**, v.15, n.1, 2018.
- AVELINO, A.C.D.; FARIA, D.A.; OLIVEIRA, L.D.; CERVO, Y.N.; CONTRERAS FILHO, A.S.; FARINHA, M.A.; RONDON, O.H.S.; ABREU, J.G.; PEIXOTO, W.M.; ROSSI, M.; RODRIGUES, J. Fungi associated with major agricultural and forage crops in integrated systems of Brazilian tropical regions. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.39, n.5, p.1-13, 2019. DOI: 10.9734/JEAI/2019/v39i530343
- BARBOSA, R.A. (ed). **Morte de pastos de braquiárias**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 206p. 2006. ISBN 85-297-0200-x
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2019. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 19 set. 2023.
- BUENO-PALLERO, F.; COELHO, L.; DUARTE, J.; REIS, NM.; GUERRERO, C.; DIONÍSIO, L. Uso de fungos antagonistas no controlo de doenças de plantas. **Actas Portuguesas de Horticultura**, v.25, p. 133-137, 2016. Disponível em: https://aph.aphorticultura.pt/wp-content/uploads/2019/10/uso_de_fungos_antagonistas_no_controlo_de_doen%C3%A7as_de_plantas.pdf. Acesso em: 10 set. 2023
- CRUCIOL, G.C.D.; PRADO, J.C.L.; KOYANAGUI, M.T.; BINOTTI, F.F.S.; COSTA, M.L.N. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de forrageira tratadas quimicamente. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p. 1587-1595, 2014. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/AGRARIAS/qualidade%20fisiologica.pdf>. Acesso em 10 ago. 2023
- DUFFY, B.; SCHOUTEN, A.; RAAIJMAKERS, J.M. Pathogen Self-Defense: mechanisms to counteract microbial antagonism. **Annual Review Phytopathology**, Palo Alto, v.41, p.501-538, 2003. DOI: 10.1146/annrev.phyto.41.052002.095606
- FERNANDES, C.D.; MARCHI, C.E.; JERBA, V.F.; BORGES, M.F. Patógenos associados às sementes de forrageiras tropicais e estratégias de controle. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes, qualidade fitossanitária**. Viçosa: UFV, p.183-213, 2005.
- FERNANDES, C.D.; FARINELLI, G.V.; VERZIGNASSI, J.R.; MARCHI, C.E.; COSTA, M.L.N.; MACHADO, J.C.; VECCHIATO, M.H.; BATISTA, M.V.; SALLES, N.E.P.C.; PEREIRA, K.R.F.; CHERMOUTH, K.S.; CARVALHO, C. Efeito de fungicidas aplicados na parte aérea de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés na qualidade sanitária de sementes. In: 47ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Salvador, UFBA, 2010.
- FERNANDES, C.D.; VERZIGNASSI, J.R.; MALLMANN, G.; QUEIRÓZ, C.A. Controle químico da mela-das-sementes e do carvão em cultivares de *Brachiaria brizantha*. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.2, p.136-144, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2102>
- GAMA, D.S. **Fungos endofíticos em Brachiaria e Cynodon**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, 90p. 2014.

GASPARETTO, B.F. **Fungos fitopatogênicos associados às sementes de *Paspalum guenoarum* Arech. ecótipo “Azulão”: Caracterização, patogenicidade e controle.** Dissertação (Mestrado) Faculdade de Agronomia, Porto Alegre – RS, 66p. 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/165462>. Acesso em: 11 out. 2023

HOLSCHUCH, S.G.; JORGE, Y.R.; COSTA, F.C.; FELIPE, F.L.; GOMES, F.J.; RIBEIRO, L.F.C.; PINA, D.S.; PEDREIRA, B.C. Acúmulo de forragem em pastagens acometidas pela síndrome da morte do braquiário. In: **Anais...** XXV Congresso Brasileiro de Zootecnia, Fortaleza, 2015.

ISAIAS, C.O.; MARTINS, I.; SILVA, J.B.T.; SILVA, J.P.; MELLO, S.C.M. Ação antagônica e de metabolitos bioativos de *Trichoderma* spp. contra os patógenos *Sclerotium rolfsii* e *Verticillium dahliae*. **Summa Phytopathologica**, v.40, n.1, p.34-41, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052014000100005>

KELEMU, S.; BONILLA, X.; ZULETA, C.; PLAZAS, C.; RICAURTE, J.; GARCIA, R.; RAO, I. Drought tolerance in endophyte-infected plants under field conditions. In: CIAT. Anual Report 2004 IP5: tropical grasses and legumes: optmizing genetic diversity for multipurpose use. Cali, p.41-44, 2004.

LASCA, C.C.; VECCHIATO, M.H.; KOHARA, E.Y. Controle de fungos de sementes de *Brachiaria* spp.: eficiência de fungicidas e influência do período de armazenamento de sementes tratadas sobre a ação desses produtos. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.71, n.4, p.465-472, 2004. Disponível em: http://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V71_4/lasca.PDF. Acesso em: 15 set. 2023.

LAZIA, B. Produção de forrageiras, 2012. Disponível em: <http://www.portalagropecuario.com.br/bovinos/pastagens-e-alimentacao/producao-de-forrageiras/>. Acesso em: 27 set. 2023.

LEWIS, J.A.; LUMSDEN, R.D. Biocontrol of damping-off of greenhouse-grown crops caused by *Rhizoctonia solani* with a formulation of *Trichoderma* spp. **Crop Protection**, v.20, n.1, p.49-56, 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00052-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00052-1)

LIU, X.B.; GUO, Z.K.; HUANG, G.X. *Sarocladium brachiariae* sp. nov., and endophytic fungus isolated from *Brachiaria brizantha*. **Mycosphere**, v.8, n.7, p.827-834, 2017. DOI 10.5943/mycosphere/8/7/2

LOPES, J.C.; CHAGAS JUNIOR, A.F.; NEVES, A.C.C.; CHAPLA, V.M.; BATISTELLA, C.A.R. Fungos endofíticos isolados do capim citronela e seleção de antagonistas a fitopatógenos. **Biota Amazônia**, v.7, n.3, p.84-88, 2017.

LUCON, C.M.M.; KOIKE, C.M.; ISHIKAWA, A.I.; PATRÍCIO, F.R.A.; HARAKAVA, R. Bioprospection of *Trichoderma* spp. isolates to control *Rhizoctonia solani* on cucumber seedling production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.3, p.225-232, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000300002>

MAIA, N.C.; SOUZA, P.N.C.; GODINHO, B.T.V.; MOREIRA, S.I.; ABREU, L.M.; JANK, L.; CARDOSO, P.G. Fungal endophytes of *Panicum maximum* and *Pennisetum purpureum*: isolation, identification, and determination of antifungal potencial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbz4720170183>

MALLMANN, G.; VERZIGNASSI, J.R.; FERNANDES, C.D.; SANTOS, J.M.; VECCHIATO, M.H.; INÁCIO, C.A.; BATISTA, M.V.; QUEIROZ, C.A. Fungos e nematoides associados a sementes de forrageiras tropicais. **Summa Phytopathologica**, v.39, n.3, p.201-203, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052013000300010>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; JERBA, V.F.; TRENTIN, R.A.; BUENO, M.L.; GUIMARÃES, L.R.; FABRIS, L.R. Sementes de forrageiras tropicais: patógenos associados e estratégias de controle. In: Simpósio Brasileiro de Patologia de Sementes, Passo Fundo. **Anais**. Londrina: Abrates, 2006.

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; REZENDE, R.A.A.; JERBA, V.F. Ferrugem de *Brachiaria* sp.: Controle químico e fontes de resistência. *Publ. UEPG Exact Earth Sci., Agr. Sci. Eng.*, v.13, n.2, p.47-54, 2007a. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/exatas/article/view/886>. Acesso em 01 out. 2023

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; ANACHE, F.C.; JERBA, V.F.; FABRIS, L.R. Quimio e termoterapia em sementes e aplicação de fungicidas em *Brachiaria brizantha* como estratégias no manejo do carvão. *Summa Phytopathologica*, v.34, n.4, p.321-325, 2008a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000400004>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; ANACHE, F.C.; FABRIS, L.R. Progresso e controle da mela-das-sementes (*Claviceps maximensis*) de *Brachiaria brizantha*. *Summa Phytopathologica*, v.34, n.3, p.241-247, 2008b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000300007>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; BUENO, M.L.; BATISTA, M.V.; FABRIS, L.R. Fungos veiculados por sementes comerciais de braquiária. *Arquivos do Instituto Biológico*, v.77, n.1, p.65-73, 2010a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p0652010>

MARCHI, C.E.; FERNANDES, C.D.; VERZIGNASSI, J.R. Doenças em plantas forrageiras. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte (**Documentos / Embrapa Gado de Corte**, 187), 47p. 2011. ISSN 1983-974X; 187

MARQUEZ, S.S.; BILLS, G.F.; HERRERO, N.; ZABALGOGEAZCOA, I. Non-systemic fungal endophytes of grasses. *Fungal Ecology*, v.5, n. 3, p.289-297, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.12.001>

MULLER, J.D.A.I.; FERNANDES, C.D.; MALLMANN, G.; VERZIGNASSI, J.R.; QUEIRÓZ, C.D.A.; CONTI, B.P.; BATISTA, M.V. Efeito do ácido sulfúrico no controle de fungos associados e na viabilidade de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: *Anais...* Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 46. Reunião Brasileira de Controle Biológico, Ouro Preto, 2013.

RAJENDIRAN, R.; JEGADEESHKUMAR, D.; SURESHKUMAR, B.T.; NISHA, T. *In vitro* assessment of antagonistic activity of *Trichoderma viride* against post harvest pathogens. *Journal of Agricultural Technology*, v.6, n.1, p.31-35, 2010. ISSN 1686-9141

SANTOS, F.C.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, E.V.R.; GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, A.R. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.3, p.69-78, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300008>

SANTOS, G.R.; TSCHOEKE, P.H.; SILVA, L.G.; SILVEIRA, M.C.A.C.; REIS, H.B.; BRITO, D.R.; CARLOS, D.S. Sanity analysis, transmission and pathogenicity of fungi associated with forage plant seeds in tropical regions of Brazil. *Journal of Seed Science*, v.36, n.1, p.54-62, 2014. Disponível em : <https://www.scielo.br/j/jss/a/LNCFvSqCghsDQFyPwLqDbTr/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 12 nov. 2023

SANCHES, M. M.; FERNANDES, C. D.; RESENDE, R. O.; NAGATA, T.; TORRES, F. Z. V.; VERZIGNASSI, J. R. Doenças causadas por vírus em forrageiras tropicais. Embrapa – Brasília, DF (**Comunicado Técnico**, 169) 15p., 2023. ISSN 1983-9731

SBALCHEIRO, C.C.; JOSÉ, S.C.B.R.; BARBOSA, J.C.R.C.M. Physiological and Sanity quality, and transmission of fungi associated with *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf seeds submitted to thermal and chemical treatments. *Journal of Seed Science*, v.36, n.4, p.443-450, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n41032>

TEASDALE, S.E.; CARADUS, J.R.; JOHNSON, L. Fungal endophyte diversity from tropical forage grass *Brachiaria*. **Plant Ecology & Diversity**, v.11, n.5-6, p.611-624, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/17550874.2019.1610913>

VECHIATO, M.H.; APARECIDO, C.C.; FERNANDES, C.D. Frequência de fungos em lotes de sementes comercializadas de *Brachiaria* e *Panicum*. São Paulo: Instituto Biológico, (Documento técnico, 007), 11p. 2010. Disponível: http://www.repositoriobiologico.com.br/jspui/bitstream/123456789/65/1/DT_07_2010.pdf. Acesso em: 05 out. 2023

VERZIGNASSI, J.R.; FERNANDES, C.D. Doenças em forrageiras. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2 p. (**Embrapa Gado de Corte. Divulga**, 50). 2001b. ISSN 1516-5558

VERZIGNASSI, J.R.; SOUZA, F.H.D.; FERNANDES, C.D.; CARVALHO, J.; BARBOSA, M.P.F.; BARBOSA, O.S.; VIDA, J.B. Estratégias de controle da mela em área de produção de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Summa Phytopathologica**, v.29, n.1, p.66, 2003.

ORGANIZADORES DA OBRA

Albert Lennon Lima Martins



Formado em Engenharia Agronômica na Universidade Estadual do Tocantins - UNITINS. Mestre e Doutor em Produção Vegetal na Universidade Federal do Tocantins - UFT. Participa de quatro grupos de pesquisa atualmente, que são: a) Núcleo de Pesquisa e Tecnologia Agroambiental; b) Defesa de plantas cultivadas no Estado do Tocantins; c) Fitossanidade e Agroecossistemas; d) Agricultura Familiar e o Agronegócio. Técnico em Gestão do Agronegócio pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins IFTO (Campus Palmas). Atualmente é Professor Universitário da UNITINS, fez parte do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do Curso Superior em Tecnologia do Agronegócio; e foi membro do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP). Foi organizador do livro: Tópicos em Microbiologia Agrícola, lançado em 2023 pela Editora da UNITINS. Tem expertise e diversos trabalhos publicados na área de microbiologia agrícola e de alimentos.

Weslany Silva Rocha



Graduada em Engenharia Agronômica (UFT), foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) desenvolvendo pesquisas na área de fitossanidade com microrganismos do solo de interesse agronômico no laboratório de microbiologia. Foi premiada com o 2º lugar na apresentação oral dos melhores trabalhos no IX Seminário de Iniciação Científica e teve sua pesquisa de PIBIC publicada no livro *PIBIC 2013: Melhores Trabalhos do IX Seminário de Iniciação Científica da Universidade Federal do Tocantins* (Editora UFT). Em seu mestrado e doutorado em Produção Vegetal (Fitotecnia), foi bolsista do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV), desenvolvendo projetos na área de fitossanidade e fitotecnia envolvendo microbiologia agrícola. Autora de capítulo do livro: Tópicos em Microbiologia Agrícola, lançado em 2023 pela Editora da UNITINS. Além disso, é técnica do Laboratório de Fitoterapia da Universidade Federal do Tocantins (Campus Palmas), e colabora nas atividades para ensino no curso de Engenharia de Alimentos e promovendo diversas pesquisas científicas na área de microbiologia agrícola e produção vegetal de hortaliças e plantas medicinais.

Autores da Obra

Albert Lennon Lima Martins

Aloísio Freitas Chagas Junior

Ana Licia Ferreira Leão

Arthur Costa Souza

Dalmarcia de Souza Carlos Mourão

Dheime Ribeiro de Miranda

Eduardo Borge Napp

Edvaldo Terto da Silva Junior

Eliane Regina Archangelo

Fernando Machado Haesbaert

Gabriel Soares Nóbrega

Gil Rodrigues dos Santos

Jhonatan Borges Pereira

Lillian França Borges Chagas

Lucas Cunha Borges

Lucas Saraiva de Sousa

Manoel Mota dos Santos

Maria Eduarda A. Fontes

Millena Barreira Lopes

Patrícia Resplandes Rocha dos Santos

Priscila Bezerra de Souza

Raimundo Wagner de Souza Aguiar

Taila Neitzke

Thadeu Teixeira Júnior

Weslany Silva Rocha

