



BRUNNO CASSIANO LEMOS ARAÚJO

**VIABILIDADE DO USO DE PRODUTOS
BIOLÓGICOS NA CULTURA DO TRIGO NO
CERRADO MINEIRO**

LAVRAS

2021

BRUNNO CASSIANO LEMOS ARAÚJO

**VIABILIDADE DO USO DE PRODUTOS BIOLÓGICOS NA CULTURA DO TRIGO
NO CERRADO MINEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Agricultura da Universidade
Federal de Lavras como parte das
exigências do curso de
Agronomia, para obtenção do
título de bacharel.

Prof. Dr. José Maria Villela Pádua

Orientador – DAG/UFLA

Prof. Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira

Coordenador – DAG/UFLA

LAVRAS

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por sempre iluminar meu caminho e me conceder saúde, perseverança, fé e, principalmente, uma base familiar sólida, no qual pude me preocupar em focar nos estudos. À Universidade Federal de Lavras, que tenho muito orgulho em fazer parte, e pude ter apoio e estrutura durante todo o curso de Agronomia e obter amizades e experiências, principalmente no Departamento de Ciências do Solo e no Departamento de Agricultura, os quais tive a oportunidade de fazer parte. Ao Prof. Dr. Bruno Montoani Silva, que me orientou durante um longo período da graduação e ao Devison, Thayná, Lázaro e todos da equipe de física do solo, que contribuíram significativamente com minha formação pessoal e profissional. Ao meu orientador, Prof. Dr. José Maria Villela Pádua, pela confiança e toda disposição em auxiliar nas atividades de pesquisas, além da amizade e dos conselhos que vou levar pra vida. À todos do setor de grandes culturas e, especialmente, ao pessoal do Pro-Trigo, que pude compartilhar momentos de muitas risadas e descontração, além de outros de muito aprendizado e trabalho. À Biomip e a Biotrop, pela disponibilidade e confiança em nosso trabalho durante a realização desse projeto. À todos os amigos e companheiros que tive a oportunidade de conviver durante meu estágio na empresa Biomip: Graziella, Carol, Maria, Maurício, Allysson, Priscilla e, especialmente, à Fernanda Abreu, por todo apoio e confiança durante esse período. À todos os professores e profissionais da UFLA, por todo ensinamento e contribuições durante minha formação. Aos meus pais Chelber Cassiano de Araújo e Andreia Gonçalves Lemos Araújo, pelo carinho, sustentação, amor e apoio incondicional que, com certeza, foram cruciais para minha caminhada até aqui. À minha namorada, Thaynara, por estar em todos os momentos ao meu lado, tanto nas situações mais alegres, quanto nas mais angustiantes. Aos amigos Guilherme, Bruno, Michael, Igor e Leonardo, pela amizade e por estarem presentes nos principais momentos dessa jornada. A todos companheiros da República Tôa-Tôa, em especial às pessoas com quem tive a chance de conviver, e poder aprender e compartilhar vários momentos que ficaram marcados em minha trajetória. Por último, a todos que, de alguma forma, passaram pelo meu caminho e puderam contribuir com conhecimentos, aprendizados, alegrias e decepções; enfim, todos os momentos que me ajudaram a chegar até aqui.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Dentre os produtos biológicos, os fungos e bactérias são os microrganismos mais utilizados em diferentes culturas no Brasil. Contudo, no caso dos cereais de inverno, as informações são escassas. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso dos produtos biológicos como inoculantes na cultura do trigo na região do Sul de Minas Gerais e Campo das Vertentes. Foram realizados dois tipos de experimentos distintos. No primeiro, os produtos foram testados em condições de campo em dois locais diferentes: na fazenda do grupo G7 - empreendimentos no agronegócio em Nazareno/MG, denominado experimento 1 e na fazenda do grupo Agropecuária ASF em Ijaci/MG, chamado de experimento 2; No segundo tipo, as pesquisas foram conduzidos em condições controladas no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, sendo denominados experimentos 3 e 4. Em condições de campo foram testados cinco produtos: Biometa - BM (*Metarhizium anisopliae*), Biotricho - BT (*Trichoderma harzianum*), Azotrop - AZ (*Azospirillum brasilense*), Stimutrop - ST (fertilizante mineral misto) e Biofree - BP (*Pseudomonas fluorescens* + *Azospirillum brasilense*). O primeiro local utilizou a cultivar TBIO Aton, enquanto o segundo utilizou BRS 264. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. As parcelas foram constituídas de 2 linhas de 2 metros de comprimento. A época de semeadura, adubação, e todos os demais manejos realizados foram conduzidos pelo produtor de acordo com o que é preconizado na região. No caso dos experimentos 3 e 4, conduzidos em condições controladas, foram utilizadas as cultivares BRS 264 em ambos os trabalhos. No experimento 3 foram testados os tratamentos BT, BM e uma testemunha, contendo 5 vasos por tratamento. Já no experimento 4 foram testados 3 tipos de inoculantes (BT, AZ e a junção dos dois), variando em 3 modos de aplicação e 2 doses diferentes para BT. Nos experimentos 1, 2 e 3 foram avaliados os componentes de produção (peso de mil grãos, número de perfilhos, número de espiguetas, número de grãos e peso do hectolitro), além de outras avaliações realizadas durante o desenvolvimento da cultura. Já no experimento 4 as avaliações foram feitas no estágio inicial da cultura, aferindo massa verde e massa seca de plantas e raízes. Foram realizadas as análises de variância individuais e teste de agrupamento de Scott Knott para todos os experimentos, com auxílio do programa R. A qualidade experimental avaliada pelo coeficiente de variação variou entre as características avaliadas, sendo que a maioria dos valores foram enquadrados em média a alta qualidade. Para os quatro experimentos e considerando as diferentes características, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$). Esse é um projeto piloto na cultura do trigo, sendo possível concluir com esse trabalho que, nas condições em que os experimentos foram implantados, os produtos utilizados não obtiveram respostas à cultura do trigo. Porém, são necessários outros estudos para verificar a eficácia de produtos biológicos utilizados como inoculantes para os cereais de inverno.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; Inoculação; Sustentabilidade; Bioagentes.

ABSTRACT

Among biological products, fungi and bacteria are the most used microorganisms in different crops in Brazil. However, in the case of winter cereals, information is scarce. Therefore, the objective of this work was to evaluate the use of biological products as inoculants in wheat crops in the southern region of Minas Gerais and Campo das Vertentes. Two different types of experiments were carried out. In the first, the products were tested under field conditions in two different locations: on the farm of the G7 group - agribusiness ventures in Nazareno / MG and on the farm of the Agropecuária ASF group in Ijaci / MG; In the second, the experiments were conducted under controlled conditions at the Department of Agriculture of the Federal University of Lavras. Five products were tested under field conditions: Biometá - BM (*Metarhizium anisopliae*), Biotrícho - BT (*Trichoderma harzianum*), Azotrop - AZ (*Azospirillum brasilense*), Stimutrop - ST (mixed mineral fertilizer) and Biofree - BP (*Pseudomonas fluorescens* + *Azospirillum brasilense*). The first location used the cultivar Tbio Atom, while the second used BRS 264. The experimental design was randomized blocks (DBC) with four replications. The plots consisted of 2 lines of 2 meters in length. The sowing time, fertilization, and all other managements were carried out by the producer according to what is recommended in the region. In the case of experiments 3 and 4, conducted under controlled conditions, cultivars BRS 264 were used in both studies. In experiment 3, treatments were BT, BM and a control, containing 5 pots per treatment. In experiment 4, 3 types of inoculants were tested (BT, AZ and the combination of the two), varying in 3 modes of application and 2 different doses for BT. In experiments 1, 2 and 3, the production components (weight of a thousand grains, number of tillers, number of spikelets, number of grains and hectoliter weight) were evaluated, in addition to other evaluations carried out during the development of the culture. In experiment 4, the evaluations were made at the initial stage of the culture, measuring green mass and dry mass of plants and roots. Individual analysis of variance and Scott Knott's cluster test were performed for all experiments, using the R program. For the four experiments and considering the different characteristics, there was no significant difference between treatments ($P < 0.05$). This is a pilot project in the wheat crop, and it is possible to conclude with this work that, under the conditions in which the experiments were implemented, the products used did not obtain responses to the wheat crop. However, further studies are needed to verify the effectiveness of biological products used as inoculants for winter cereals.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; Inoculation; Sustainability; Bioagents.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tratamentos, doses e repetições do experimento 1 (fazenda grupo G7).....	13
Tabela 2 - Tratamentos, doses e repetições do experimento 2 (fazenda do grupo Agropecuária ASF).....	14
Tabela 3 - Tratamentos, doses e repetições do experimento 3 (Casa de vegetação).	15
Tabela 4 - Tratamentos, doses, modos de aplicação e repetições do experimento 4 (Casa de vegetação).	15
Tabela 5 - Médias e coeficientes de variação do experimento 1 para as variáveis: altura de plantas, comprimento de folha, altura de folha bandeira e comprimento de raiz.....	19
Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação do experimento 1 para as variáveis: vigor, número de espigas por metro, produtividade, peso de hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMS), número de perfilho por planta e número de grãos.	20
Tabela 7 - Médias e coeficientes de variação do experimento 2 para as variáveis: altura de plantas, comprimento de folha, altura de folha bandeira e comprimento de raiz.....	21
Tabela 8 - Médias e coeficientes de variação do experimento 2 para as variáveis: vigor, número de espigas por metro, produtividade, peso de hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMS), número de perfilhos por planta e número de grãos.	21
Tabela 9 - Médias do experimento 3 para as variáveis: Altura de plantas, comprimento de folha, número de folhas e número de perfilhos por planta.	22
Tabela 10 - Médias do experimento 3 para as variáveis: Índice de doenças foliares, comprimento de espiga, número de espiguetas e número de grãos.....	23
Tabela 11 - Médias e coeficientes de variação do experimento 4 para as variáveis: Massa Verde de Raiz (MVR), Massa Verde de Parte aérea (MVP), Massa Seca de Raiz (MSR) e Massa Seca de Parte aérea (MSP).	23
Tabela 12 - Análise de variância do experimento 1 para as características PH, produtividade, peso de grãos, número de espiguetas, número de grãos e comprimento de raiz.	31
Tabela 13 - Análise de variância do experimento 1 para as características número de espigas por planta, vigor, altura de folha, altura de plantas, perfilhamento e comprimento de folha.	31
Tabela 14 - Análise de variância para o experimento 2 para as características PH, produtividade, peso de grãos, número de espiguetas, número de grãos e comprimento de raiz.	31
Tabela 15 - Análise de variância para o experimento 2 para as características número de espigas por metro, vigor, altura de folha, altura de plantas, perfilhamento e comprimento de folha.	32
Tabela 16 - Análise de variância para o experimento 4 para as características Massa Verde de Raiz, Massa Verde de Parte aérea, Massa Seca de Raiz e Massa Seca de Parte aérea.....	32

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Índice de pluviosidade acumulada (mm) e temperatura (°C) para a cidade de Ijaci/MG, entre os meses de maio/2021 à agosto/2021.....	17
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1	ORIGEM	2
2.2	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS	2
2.3	ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO.....	3
2.4	TRIGO NO MUNDO	3
2.5	TRIGO NO BRASIL	4
2.6	TRIGO DO CERRADO	4
2.7	BIOLÓGICOS.....	5
2.8	BIOLÓGICOS NO BRASIL.....	6
2.8.1	FUNGOS.....	6
2.8.1.1	<i>TRICHODERMA</i>	7
2.8.1.2	<i>METARHIZIUM</i>	8
2.8.2	BACTÉRIAS.....	9
2.8.2.1	<i>AZOSPIRILLUM</i>	10
2.8.2.2	<i>PSEUDOMONAS</i>	11
3	OBJETIVO	11
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	11
4.1	LOCALIZAÇÃO	12
4.2	CEPAS COMERCIAIS UTILIZADAS	12
4.3	EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM CAMPO	12
4.4	EXPERIMENTOS CONDUZIDOS EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	14
4.5	ESQUEMA EXPERIMENTAL.....	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5.1	RESULTADOS ESTATÍSTICOS.....	16
5.2	EXPERIMENTOS DE CAMPO.....	17
6	CONCLUSÃO	25
7	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	25
8	ANEXO.....	31

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) ocupa posição de grande destaque no setor econômico do agronegócio, sendo apontado como a segunda maior cultura de grãos em produção no mundo, ficando atrás apenas da cultura do milho. O ranking mundial de produtividade do cereal é liderado pela China, seguido de perto pela Índia, Rússia, Estados Unidos e Canadá (WORLD WHEAT PRODUCTION, 2016/2017).

Segundo a Conab (2020), o Brasil ocupa a décima sexta posição nesta lista, com produção estimada de aproximadamente 65 milhões de toneladas em 2020. A região Sul é a maior produtora do país, representando 89% da produção nacional, tendo o Paraná e o Rio Grande do Sul como líderes. Outra região de destaque no país é a região Sudeste, com relevância para Minas Gerais, que na safra de 2020, atingiu cerca de 230 mil toneladas de grãos, sendo o quarto maior produtor de trigo do Brasil. A produção no estado se concentra nas regiões do Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba e Sul de Minas.

A necessidade de incremento de produtividade na busca da autossuficiência do abastecimento de alimentos no país consolida a cultura do trigo como uma excelente opção na composição do manejo agrícola sustentável, tornando o cereal uma alternativa interessante para sucessão e rotação em sistemas de produção de grãos.

No atual cenário, com a alta do valor dos insumos e a procura dos consumidores por alimentos produzidos de formas mais sustentáveis, o uso de produtos biológicos vem se mostrando uma ferramenta indispensável para redução no consumo e utilização de agroquímicos, gerando uma demanda maior por soluções de menor impacto ambiental. A tecnologia dos bioinsumos em gramíneas é de grande importância, uma vez que pode contribuir para a diminuição de aplicações, reduzindo os custos de produção e auxiliando no incremento de produtividade da cultura.

Assim, são necessárias mais pesquisas relacionando esses bioprodutos com as culturas de cereais de inverno na região de Minas Gerais, visto que a maioria das vantagens mencionadas são frutos de pesquisas geradas em outras culturas ou outras regiões do país. Isso reforça a importância desse estudo, na busca por informações de qualidade sobre o manejo dos produtos biológicos que possam beneficiar a cultura do trigo na região do Cerrado Mineiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem

Acredita-se que o trigo como é conhecido hoje, seja originário de gramíneas silvestres, tendo como origem as proximidades dos rios Tigre e Eufrates, na Ásia. Contudo, a produção de pão se iniciou pelos egípcios, há mais de 2.000 anos atrás, que descobriram o processo de fermentação do trigo para produzir alimento e, a partir daí, o cereal se espalhou por todo o globo (FLANDRIN; MONTANARI, 1998).

No passado, cultivavam-se várias espécies de trigo, dentre elas: *Triticum spelta*, *Triticum dicoccum*, *Triticum polonicum* e *Triticum turgidu*. Os trigos primitivos tinham espigas frágeis, que rompiam com facilidade quando maduras, e sementes mais aderidas às partes florais. Foram necessários milhares de anos de seleção natural e artificial para chegar às espécies de trigo cultivadas atualmente. Essas espécies mais rústicas, hoje em dia, são utilizadas apenas em estudos científicos e em programas de melhoramento genético. (FLANDRIN; MONTANARI, 1998)

O trigo chegou ao Brasil através dos portugueses, que iniciaram as primeiras plantações desse cereal na região do estado de São Paulo e, posteriormente, deslocou-se para o Rio Grande do Sul, onde se apresentou como uma boa alternativa para o agricultor dentro do sistema de produção. A adaptação da cultura ao clima brasileiro foi tão rápida e eficiente, que outras regiões do país também começaram a desenvolver suas próprias cultivares. Inclusive, foi devido ao cereal que o caminho para a modernização da agricultura foi aberto, principalmente para a produção de soja, que ocupou as áreas de trigo (cultivados nos meses de maio a novembro) onde as terras ficavam ociosas durante o verão (nos meses de novembro a abril) (TOMASINI, 1985).

Com devida importância concedida à cultura e os meios de produção cada vez mais tecnificados, fez-se aumentar as exigências dos produtores pela qualidade e por produtos eficazes nos cultivos. Com isso o aumento de informações e pesquisas para a produção do grão se deu por volta do século XX, no qual ocorreu um crescimento de incentivos financeiros, fazendo com que a cultura ganhasse mais espaço no sistema de produção brasileiro (ROSSI; NEVES, 2004).

2.2 Características botânicas

O *Triticum aestivum L.* é a espécie do cereal mais cultivada, pertencente à família *Poaceae*, sendo uma espécie hexaploide ($2n = 42$) originada de uma hibridação natural entre um tetraploide (*Triticum turgidum*; $2n = 28$) e uma gramínea selvagem (*Aegilops squarrosa*; $2n = 14$) (EMBRAPA).

A planta possui características morfológicas muito semelhantes à dos demais cereais de inverno, estruturada em raízes, colmo, folhas e inflorescência. O sistema radicular é composto por raízes seminais (originadas a partir da semente, tendo enorme importância no início do desenvolvimento das plantas), raízes permanentes (emitidas aproximadamente 20 dias após a emergência, na profundidade de 1 a 2 cm abaixo da superfície do solo) e raízes adventícias (aparecem acima da superfície do solo, após o sistema radicular estar totalmente formado). O colmo é constituído por quatro a sete nós, dependendo da cultivar e do clima. A partir dele surgem novos colmos, denominados afilhos (ou perfilhos). A inflorescência do trigo é uma espiga composta, formada por espiguetas alternadas e opostas, que dão origem aos grãos (EMBRAPA TRIGO, 2015).

2.3 Estágios de desenvolvimento

Os estágios de desenvolvimento do trigo são constituídos por: plântula, afilhamento, alongamento, emborrachamento, espigamento, florescimento, grão em estado leitoso, grão em massa, grão em maturação fisiológica e grão maduro. A temperatura ideal para seu crescimento é em torno de 20°C, sendo que temperaturas mais altas ou baixas podem causar danos severos durante o estágio reprodutivo da planta. Durante a floração e formação dos grãos, temperatura abaixo de -1°C, seguidas ou não de geadas, também podem causar danos e prejudicar a planta na fase de crescimento vegetal, podendo ocorrer "estrangulamento" nos pontos de rápida multiplicação celular e posterior necrose do colmo, causando a morte dos tecidos. (EMBRAPA)

2.4 Trigo no Mundo

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), o trigo é o segundo alimento mais consumido no mundo. Só em 2020, o consumo mundial do cereal foi em torno de 769 milhões de toneladas. De acordo com relatório divulgado pela Abitrigo, a área colhida do cereal no mundo, na safra 2020/2021, foi superior a 219 milhões

de hectares, produzindo cerca de 773 milhões de toneladas, com valor de mercado na ordem de US\$ 114 milhões.

2.5 Trigo no Brasil

É estimado que a produção agrícola do Brasil alimenta cerca de 800 milhões de pessoas todos os anos, quase quatro vezes o número de habitantes do país, com maior relevância no quesito exportação para produtos a base de soja, cana-de-açúcar e café, sendo que ainda não somos autossuficientes na produção de trigo (EMBRAPA). Por isso, para suprir a demanda interna, em fevereiro/2020 o Brasil importou 526,1 mil toneladas de trigo. Desse total, 87,5% foi de origem argentina, 6,91% dos Estados Unidos, 4,73% vindo do Paraguai e 0,76% de origem francesa (CONAB, 2020)

2.6 Trigo do cerrado

Foi na década de 80 que aconteceu a introdução da cultura do trigo no Cerrado Mineiro, na região do Alto Paranaíba (São Gotardo, Rio Paranaíba e outras cidades), sendo incorporado por agricultores do Paraná, com sementes trazidas do Estado (EMBRAPA).

A cultura do trigo encontrou no Cerrado temperaturas amenas no inverno e baixo índice pluviométrico na colheita, garantindo excelente qualidade sanitária e industrial. A ampliação do plantio de trigo para novas regiões do Brasil abre a possibilidade do país ter excesso da produção do cereal e se tornar autossuficiente, gerando oportunidades para a comercialização internacional. Para isso, é crucial o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a variedades adequadas ao clima e ao solo do bioma, além de produtos sustentáveis que agregam no sistema de produção como um todo (EMBRAPA).

No Cerrado, Minas Gerais vem se destacando no avanço do plantio de trigo. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), o estado tem a terceira maior área de cultivo no Brasil, com 87,9 mil hectares na safra 2019, atrás apenas do Paraná, que possui a maior área plantada do cereal, com um milhão de hectares, e do Rio Grande do Sul, que tem a segunda maior área, 702,2 mil hectares semeados.

Uma das principais vantagens competitivas do trigo do Cerrado é a tolerância à seca. A cultura também tem se mostrado eficiente na sucessão com a soja, devido à elevada palhada deixada, auxiliando na cobertura de matéria orgânica e na redução de gastos relacionado com a adubação nitrogenada. Estudos da Embrapa (2019) relacionam o aumento

da porosidade e melhora nas condições físico-químicas do solo como benefício do cultivo de trigo previamente à semeadura da soja.

As variedades introduzidas na região geram um cereal de alta qualidade, principalmente para panificação, atendendo as necessidades dos moinhos brasileiros e fazendo com que a cultura se difunda com mais aceitabilidade pelo agricultor (ANBA, 2020).

Se por um lado, o tempo fez com que desencadeasse um enorme avanço no melhoramento genético de trigo, possibilitando o surgimento de novas cultivares, com características agrônômicas capazes de obter maior adaptabilidade frente ao clima das diferentes regiões do Brasil, por outro lado, com o avanço das características genéticas da espécie, houve a necessidade de manejar cuidadosamente a cultura, observando a integração das práticas de controle de pragas e doenças e reformulando o manejo da adubação nitrogenada, sendo estes os grandes agentes responsáveis pelo aumento da produtividade da cultura no país (BIUDES et al., 2009; SILVEIRA, 2016).

Para atingir altos níveis de produtividade, independente da cultura, é necessário interligar um somatório de fatores que auxiliam as plantas a se desenvolverem de forma ideal. Um desses elementos é o emprego adequado de fertilizantes nitrogenados, doses e momento certo de aplicação, além das condições climáticas ideais (MUMBACH et. al., 2017). Uma alternativa para diminuir o custo de produção oneroso causado pela utilização de fertilizantes nitrogenados é a implementação de inoculantes biológicos, com microrganismos que aumentam o desenvolvimento radicular das plantas e auxiliam na absorção de nutrientes, resultando em um incremento de produtividade (GALINDO et. al., 2018).

2.7 Biológicos

No mundo, a adoção de produtos biológicos pelos agricultores movimentou mais de 5 bilhões de dólares em 2020, sendo US\$ 800 milhões só na América Latina, crescendo cerca de 14,4% ao ano. Com a alta demanda do consumidor mundial por alimentos sustentáveis e a necessidade do produtor em ter que realizar um manejo de resistência no campo, a expectativa para 2025 é de que os biodefensivos movimentem pelo menos 8 bilhões de dólares (CROPLIFE BRASIL, 2021).

Atualmente os países que mais utilizam produtos biológicos são os agricultores dos Estados Unidos e da União Europeia. Na América Latina, o Brasil é líder na adoção desses produtos e em 2020 apresentou crescimento superior à média global (30% versus 14,4%) (CROPLIFE BRASIL, 2021).

2.8 Biológicos no Brasil

Os produtos biológicos atingem atualmente cerca de 30% das áreas cultivadas no país, sendo que em 2016 somente 3% usavam esse tipo de manejo. Essa ampliação se sustenta nos resultados de pesquisas desenvolvidas, em conjunto com o interesse e a melhoria visível alcançada pelos produtores nas diferentes culturas onde esses produtos são utilizados (CROPLIFE BRASIL, 2021).

Atualmente, a área tratada com produtos biológicos no país é de mais de 10 milhões de hectares, com um faturamento anual de mais de R\$ 1,2 bilhões. Só no último ano, 96 novos produtos foram aprovados no Brasil, o que representa 22% de todos biodefensivos disponíveis no país (CROPLIFE BRASIL, 2021).

Atualmente, o portfólio de produtos biológicos registrados e aprovados para uso no Brasil conta com cerca de 430 produtos. Dentre eles, 62% são compostos por microrganismos, dos quais 39% são a base de fungos e 19% a base de bactérias, sendo considerados os organismos mais estudados e utilizados na agricultura moderna do país (CROPLIFE BRASIL, 2021).

A preocupação com a qualidade biológica do solo e a exigência dos tempos atuais de um manejo mais sustentável, abriu caminho para o emprego de inoculantes biológicos nas mais diversas culturas. Para compor as estratégias de manejo mais usuais, como a rotação de culturas, é essencial o desenvolvimento de inovações tecnológicas, trazendo soluções para problemas e limitações causadas pelo uso inadequado desses produtos nos cultivos.

2.8.1 Fungos

Os fungos estão presentes naturalmente no ambiente, e diversas espécies são conhecidas como Fungos Promotores de Crescimento Vegetal (FPCV). Eles são capazes de formar associações com plantas hospedeiras, colonizando os tecidos internos da planta e promovendo o crescimento da parte aérea e das raízes (AZEVEDO et al., 1998). Geralmente, os FPCV influenciam na absorção de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, induzem a produção de fitohormônios, auxiliam na indução de resistência das plantas, além de atuarem diretamente no controle biológico de pragas e doenças (AZEVEDO et al., 1998; ESCUDERO; LOPEZ-LLORCA, 2012).

No entanto, muitas funcionalidades ainda são pouco conhecidas, como por exemplo, a interação dos fungos com outros microrganismos benéficos que se associam às plantas. Essa relação é complexa, mas pode promover diversos benefícios no aumento da absorção de água e nutrientes, contribuindo com o crescimento das plantas (LOPEZ; SWORD, 2015).

O auxílio no desenvolvimento radicular é resultado de vários componentes e mecanismos oferecidos pelos fungos, que atuam na cultura de forma direta e/ou indireta (SILVA et al., 2006; SUDHA et al., 2016). São denominadas formas diretas quando ocorrem interações proporcionadas pelos fungos endofíticos, que contribuem com o aumento da capacidade de absorção de minerais essenciais para o desenvolvimento da planta e participam da produção de fitohormônios, como auxinas e giberelinas (LUZ et al., 2006; SUDHA et al., 2016). As formas indiretas estão associadas à resistência a fatores bióticos e abióticos, como fitopatógenos e maior tolerância à seca, proporcionado pela contribuição no crescimento das raízes, fazendo com que consigam buscar recursos em camadas mais profundas dos solos (SILVA et al., 2006; CHAPLA; BIASETTO; ARAUJO, 2013; BARELLI et al., 2016).

O crescimento vegetal pode ser evidenciado por vários parâmetros, como taxa de germinação de sementes (JABER; ENKERLI, 2016), desenvolvimento de raízes (ESCUDERO; LOPEZ-LLORCA, 2012), desenvolvimento de parte aérea (ESCUDERO; LOPEZ-LLORCA, 2012), altura da planta (JABER; ENKERLI, 2016), massa seca e fresca de raízes e/ou parte aérea (LIAO et al., 2014) e na quantidade de folhas, espigas e grãos (RODRIGUES L. F. O. S. et al., 2014)

Os fungos são espécies bastante resistentes, que podem permanecer no ambiente durante um longo tempo, mas exigem condições de temperatura (entre 20° e 30°C) e umidade relativa (acima de 65%) específicas para se desenvolverem eficientemente. Existem vários produtos comerciais registrados com diferentes espécies de fungos conhecidos no Brasil. Dentre as espécies mais estudadas e utilizadas estão o *Trichoderma harzianum*, *Beauveria bassiana* e o *Metarhizium anisoplae*.

2.8.1.1 *Trichoderma*

Fungos do gênero *Trichoderma* ocorrem em praticamente todos os tipos de solos e ambientes do mundo, principalmente aqueles contendo alta taxa de matéria orgânica, além de serem encontrados também na rizosfera das plantas (ESPOSITO; SILVA, 1998).

Esses fungos são conhecidos como agentes de biocontrole de vários fitopatógenos. São considerados hiperparasitas, colonizando hifas e estruturas de sobrevivência de

fitopatógenos, consideradas difíceis de serem controladas, como os escleródios, esporos e micro escleródios, reduzindo a capacidade de reprodução e infecção do patógeno em safras futuras (BETTIOL; GHINI, 1995).

Porém, vários estudos (LYNCK, J., 1992; KLEIFELD & CHET, 1992; SILVA et al., 2011; CHAGAS et al., 2012; VEY, R., 2017) também associam a promoção do crescimento de plantas com alguns isolados de *Trichoderma*, atuando como bioestimulantes no desenvolvimento radicular e parte aérea, proporcionados por fitohormônios produzidos e liberados no solo, que contribuem para a absorção de água e nutrientes.

Kleifeld & Chet (1992) relacionam o aumento na porcentagem de plantas germinadas, aumento de área foliar e maior desenvolvimento radicular ao uso de *Trichoderma spp.* em plantas de pimentão. O fungo também aumentou de 54 a 100% a produção de alface, estimulando o crescimento de plantas, quando utilizado em conjunto com a adubação, mostrando a eficiência do gênero também em culturas hortícolas (LYNCK, J., 1992).

Estudos realizados por Alfano et al. (2007) relatam respostas eficientes quanto a indução de resistência como um mecanismo benéfico no controle de pragas e doenças em plantas de tomate inoculadas com *Trichoderma hamatum*. No mesmo sentido, Harman et al. (2004) relatou a importância da liberação de metabólitos secundários produzidos pelo fungo no estímulo de crescimento das plantas e indução de resistência a patógenos.

Silva et al. (2011) utilizaram seis espécies de *Trichoderma* e obtiveram resultados promissores como promotores de crescimento em plantas de pepino. Podemos encontrar outros resultados favoráveis, como em trabalho realizado por Chagas et al. (2012), onde o fungo auxiliou no aumento da produção de biomassa, estimulando o desenvolvimento de raízes laterais relacionadas com a produção de auxinas e obteve maior produtividade na cultura do feijão-caupi em condições de campo.

Nessa perspectiva, linhagens de fungos do gênero, são responsáveis por aumentar a superfície do sistema radicular, solubilizando e disponibilizando nutrientes em formas absorvíveis pelas plantas, além de colonizar e penetrar nos tecidos das raízes, provocando alterações metabólicas e bioquímicas, levando a indução de resistência sistêmica nos cultivos (SILVA et al., 2006).

Da mesma maneira, quando utilizados como tratamento de sementes em plantas de trigo, auxiliou no desenvolvimento da parte aérea, além de aumentar o comprimento, área, volume, massa fresca e seca de raízes das plantas, sendo que todos os tratamentos para a variável de aumento foliar foram superiores à testemunha (VEY, R., 2017).

2.8.1.2 *Metarhizium*

Apesar de ser mais conhecido como um fungo entomopatogênico, a evolução das pesquisas relacionam a ação do gênero *Metarhizium spp.* com a capacidade de formar simbiose com as plantas, recebendo carboidratos e liberando nitrogênio na forma disponível para absorção (BARELLI et al., 2016). Além dessas funções citadas, Liao et al., (2017) encontrou resultados positivos em plantas do gênero *Arabidopsis* em relação à produção de hormônios vegetais, como auxinas, auxiliando na promoção do crescimento de raízes.

Algumas espécies como o *Metarhizium anisopliae* podem ser encontrados comumente na rizosfera das plantas, sendo eficiente no controle de insetos que se alimentam das raízes. Também há registros na literatura do fungo colonizando outras partes das plantas, se houver um ambiente favorável para sua proliferação (JABER; ENKERLI, 2016).

Estudos conduzidos pela Embrapa (2021) com mudas de tomate inoculadas com espécies do gênero *Metarhizium*, obtiveram incrementos em características vegetativas, contribuindo com o aumento na altura de plantas, maior comprimento de raízes e maior acúmulo de massa seca de parte aérea e raiz; além de auxiliar também em características reprodutivas, promovendo maior número de flores e de massa fresca dos frutos.

2.8.2 Bactérias

Bactérias diazotróficas são microrganismos capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e torná-lo disponível para que as plantas possam absorver. Estas bactérias são amplamente encontradas nos solos brasileiros, localizadas na rizosfera de espécies vegetais, podendo formar simbioses, dependendo da relação entre a estirpe da bactéria e a cultura (OKON; LABANDERA-GONZALEZ, 1994).

Sua utilização como solução biológica para o produtor vem ganhando cada vez mais espaço no mercado, obtendo resultados animadores em relação ao auxílio no crescimento vegetal, fixação do nitrogênio atmosférico (N₂) e liberação hormônios como auxinas e giberelinas, que estimulam o desenvolvimento radicular (DOBBELAERE; CROONENBORGHES, 2002).

Como alternativa de redução na aplicação de N na forma sintética, através de fertilizantes minerais, as bactérias diazotróficas também entram como uma via importante para o manejo mais sustentável e eficiente. Isso pode ser evidenciado através de vários trabalhos que relacionam a ação das bactérias com a fixação biológica de N, produção de hormônios vegetais, solubilização de fosfato, alterações na atividade fotossintética das plantas

e, quando associadas de forma endofítica, aumento na atividade da enzima nitrato redutase. (FALLIK ET AL., 1994; CAVALLET et al. 2000; FUKAMI et al., 2016; KAZI et al., 2016; GORDILLO-DELGADO et al., 2016).

Porém os incrementos de rendimento de produção em gramíneas, como cereais de inverno, são inconsistentes. Uma parte se deve ao fato destes organismos serem mais sensíveis ao efeito do clima, mas, por outro lado, a falta de informações que auxiliam o agricultor a utilizar a tecnologia de forma correta, prejudica a eficiência e a disseminação dessa ferramenta extremamente fundamental para a agricultura moderna.

2.8.2.1 *Azospirillum*

O gênero *Azospirillum spp.* é um dos microrganismos mais estudados por suas características de promoção de crescimento radicular, principalmente devido sua capacidade de assimilação do nitrogênio que não fica disponibilizado para as plantas. Inoculantes biológicos que são capazes de fixar nitrogênio são muito utilizados em leguminosas e pouco difundidos em gramíneas. Porém, alguns trabalhos realizados por Georgin et al. (2014) e Pereira L. C. et al. (2016) obtiveram resultados relevantes com a inoculação de bactérias durante o desenvolvimento do trigo, principalmente nas variáveis de crescimento de raiz e rendimento de grãos.

A funcionalidade da bactéria ainda vai além, destacando-se na produção de hormônios, que alteram a morfologia das raízes e ajudam em uma maior exploração do volume de solo na busca por água e nutrientes, auxiliando no crescimento das plantas (ZAIED et al., 2003; DARTORAET al., 2013).

O uso de *Azospirillum brasilense* promove um melhor funcionamento das raízes, auxiliando também no desenvolvimento da parte aérea, que por consequência eleva a eficiência na captação de fotoassimilados, desencadeando uma série de fatores favoráveis para o crescimento das plantas e a formação dos grãos, além de auxiliar na redução dos custos de produção a partir da diminuição do consumo de fertilizantes nitrogenados, que muitas vezes oneram as despesas dos produtores (DÍAZ-ZORITA; FERNANDEZ C., 2008; SILVA; PIRES, 2017).

Assim, essas bactérias têm sido intensamente pesquisadas nas últimas décadas e são microrganismos com características de promoção de crescimento de plantas, com capacidade de fixação livre de nitrogênio atmosférico (N₂), além de produzir substâncias bioquímicas eficientes que influenciam na arquitetura das raízes, melhorando sua capacidade de

exploração do solo e auxiliando na captura de água e nutrientes (RODRIGUES S. V. M. et al. 2007).

Pereira et al. (2017) avaliou diferentes formas de inoculação de *Azospirillum spp.* (pulverização foliar, sulco de sementeira e via tratamento de sementes) e diferentes doses de N na cultura do trigo. O resultado encontrado evidenciou que o método via sulco de sementeira com a dose total de N foi o tratamento que obteve maiores médias de produtividade, especialmente em grãos de elevado peso por hectolitro, ou seja, de alta qualidade industrial.

2.8.2.2 *Pseudomonas*

O *Pseudomonas fluorescens* é a espécie do gênero mais utilizada em produtos comerciais, proporcionando um incremento no crescimento de raiz, implicando em uma maior área de varredura da raiz para captura de recursos do solo. Coelho et al. (2007) atribuiu ao *P. fluorescens*, em nível de campo, efeitos positivos relacionados ao aumento na eficiência de absorção de fósforo, devido ao auxílio no desenvolvimento do sistema radicular, proporcionado pelo efeito em nível de planta.

Em trabalho realizado no Sul do país, com a inoculação de *P. fluorescens* na cultura do milho, Zucarelli et al. (2011) observou que o diâmetro da espiga respondeu positivamente em relação ao tratamento sem inoculação. Ainda pôde constatar aumento no rendimento de grãos que, apesar de não significativo, houve um acréscimo de 253 kg ha⁻¹.

Sousa et al. (2019) atribuiu à inoculação da bactéria, um incremento médio de 31% no comprimento radicular de plântulas de arroz irrigado, proporcionado por mudanças anatômicas e bioquímicas promovidas nas raízes das plantas, possibilitando maior acesso aos recursos do solo.

3 OBJETIVO

No contexto apresentado, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do uso de inoculantes à base de fungos e/ou bactérias produzidos comercialmente, na cultura do trigo na região do Cerrado mineiro e em condições controladas de casa de vegetação.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização

O trabalho é composto por dois tipos de experimentos distintos. O primeiro, visando o emprego dos produtos em condições de campo, foi implantado em dois locais diferentes: Um na fazenda do grupo G7 empreendimentos no agronegócio, localizada na região do Campo das Vertentes, mais especificamente na cidade de Nazareno/MG; O outro na fazenda do grupo Agropecuária ASF, na cidade de Ijaci/MG. Nessas condições, os manejos de adubação, época de semeadura e todos os demais foram realizados pelo produtor de acordo com o que é preconizado na região.

O segundo experimento foi conduzido em condições controladas, na casa de vegetação do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situada no município de Lavras, região Campo das Vertentes.

4.2 Cepas comerciais utilizadas

Os produtos comerciais avaliados foram obtidos diretamente com os fabricantes. As cepas comerciais do presente estudo foram: *Trichoderma harzianum* IBCB 0440 WP (Biotricho WP; Biomip - Agentes biológicos); *Metarhizium anisopliae* IBCB 425 (Biometa WP; Biomip - Agentes biológicos); *Azospirillum brasilense* AbV6 (Azotrop SC; Biotrop - Soluções em tecnologia biológica); *Pseudomonas fluorescens* CCTB03 + *Azospirillum brasilense* AbV6 (Biofree SC; Biotrop - Soluções em tecnologia biológica) e um Fertilizante mineral misto (Stimutrop SC; Ca solúvel em água 0,22g/L, S solúvel em água 4,40g/L, Mo solúvel em água 5,50g/L, K₂O solúvel em água 2,20g/L e Zn solúvel em água 8,80g/L; Biotrop - Soluções em tecnologia biológica).

4.3 Experimentos conduzidos em campo

O experimento 1, implantado na fazenda do grupo G7 (Empreendimentos no agronegócio), é composto pelos seguintes tratamentos: Biometa - BM (*Metarhizium anisopliae*), Azotrop - AZ (*Azospirillum brasilense*), Biofree - BP (*Pseudomonas fluorescens*), Stimutrop - ST (fertilizante mineral misto) e um controle (sem inoculação). Cada tratamento foi constituído por 4 parcelas de 9 m², sendo colhidas 2 linhas de 2 metros lineares por parcela.

A aplicação dos produtos foi feita dia 05/05/2021, utilizando um pulverizador costal propelido a CO₂ com pressão constante de 3 MPa e barras laterais, atingindo uma faixa de 3 metros. Com exceção das aplicações dos tratamentos, todos os outros manejos foram feitos pelo produtor. A semeadura foi realizada no dia 07/04/2021 com a cultivar TBIO Aton, de ciclo de aproximadamente 120 dias, e sementes espaçadas a cada 0,17 metros.

As avaliações de altura de plantas, comprimento de folhas e vigor foram feitas com a ajuda de uma régua de medição, durante o desenvolvimento vegetativo da cultura e avaliadas com 60 dias após semeadura (DAS), sendo analisadas três plantas de forma aleatória dentro de cada parcela. No início do espigamento, foram feitas novas avaliações de altura de plantas, além de altura da folha bandeira e número de espigas por metro linear.

Ao final do ciclo, foram colhidas manualmente as parcelas, levadas para debulhar em uma trilhadeira, limpas com o auxílio de um soprador estacionário, secas em condições naturais e armazenadas em sacos de papel tipo *kraft*. Após a colheita, utilizando uma balança de precisão e aparelho medidor de umidade, foram avaliados os componentes de rendimento, sendo eles: umidade de grãos, peso total de grãos, peso de hectolitro e peso de 1000 grãos. Para quantificar o número de perfilhos por planta, número médio de espiguetas e comprimento de raiz, foram escolhidas aleatoriamente três plantas dentro de cada parcela colhida.

O peso de mil grãos foi determinado pela pesagem de uma subamostra de 100 grãos para cada repetição, com auxílio de uma balança de precisão de uma casa decimal. Em seguida os resultados foram multiplicados por 10. O número médio de grãos foi contabilizado através da escolha ao acaso de três plantas colhidas por parcela. O peso de hectolitro foi determinado pela pesagem de um volume conhecido (20ml) em balança analítica e utilizando uma repetição por parcela. Os resultados foram transformados e expressos em kg hL⁻¹.

Tabela 1 - Tratamentos, doses e repetições do experimento 1 (fazenda grupo G7).

Tratamentos	Doses (mL/ha)	Nº de repetições
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	200	4
AZ - <i>Azospirillum brasilense</i>	200	4
BP - <i>Pseudomonas fluorescens</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>	200	4
ST - Fertilizante mineral misto	200	4
Testemunha ¹	-	4

¹Sem aplicação de produto.

O experimento 2 foi conduzido na fazenda do grupo Agropecuária ASF, com processos análogos ao primeiro, sendo os tratamentos constituídos por: Biotricho - BT (*Trichoderma harzianum*), Azotrop - AZ (*Azospirillum brasilense*), Biofree - BP (*Pseudomonas fluorescens*), Stimutrop - ST (fertilizante mineral misto) e um controle (sem inoculação). Nessa fazenda, o produtor utilizou a cultivar BRS 264, com ciclo considerado precoce, de aproximadamente 110 dias até a maturação dos grãos. A semeadura foi feita no dia 07/05/2021, a aplicação dos inoculantes realizada dia 19/05/2021 e a colheita das parcelas dia 11/08/2021. As avaliações foram as mesmas realizadas no experimento 1.

Tabela 2 - Tratamentos, doses e repetições do experimento 2 (fazenda do grupo Agropecuária ASF).

Tratamentos	Doses (mL/ha)	Nº de repetições
BM - <i>Metarhizium anisopliae</i>	200	4
AZ - <i>Azospirillum brasilense</i>	200	4
BP - <i>Pseudomonas fluorescens</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>	200	4
ST - Fertilizante mineral misto	200	4
Testemunha ¹	-	4

¹Sem aplicação de produto.

4.4 Experimentos conduzidos em casa de vegetação

No experimento 3, realizado em condições controladas, foram testados os tratamentos BM, BT e uma testemunha (sem aplicação de inoculante). As parcelas consistiram em cinco vasos para cada tratamento. Os vasos foram preenchidos com uma mistura de substrato, areia e terra, recebendo adubação nitrogenada uma vez por semana durante as três primeiras semanas.

A semeadura foi realizada com a cultivar BRS 264 e a irrigação foi feita em um intervalo de cada dois dias, até o final do ciclo. Após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste, padronizando três plantas por vaso, e o estaqueamento, visando manter as plantas eretas durante seu desenvolvimento. A aplicação dos tratamentos foi realizada no início da fase de perfilhamento, de acordo com a dosagem indicada pelo fabricante dos produtos, ajustado em conformidade com o volume dos vasos. A retirada das plantas foi realizada manualmente após a maturação das espigas principais (123 DAS), visto que os perfilhos tardios ainda não haviam chegado no ponto de colheita. As avaliações de altura de plantas e

comprimento de folhas foram executadas 60 DAS, e as avaliações pós-colheita consistiram em: contagem do número de folhas, número de perfilhos viáveis, altura de plantas, comprimento da espiga, número de espiguetas e número de grãos.

Tabela 3 - Tratamentos, doses e repetições do experimento 3 (Casa de vegetação).

Tratamentos	Doses (mL/ha)	Nº de repetições
BM - <i>Metarhizium anisopliae</i>	200	5
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	200	5
Testemunha ¹	-	5

¹Sem aplicação de produto.

O experimento número 4, também conduzido em condições de casa de vegetação, foram testados os produtos BT e AZ (de forma separada e/ou em conjunto), diferenciando as doses de BT (dose recomendada e o dobro da dose) e os modos de aplicação dos produtos (na semeadura e/ou no perfilhamento). As parcelas consistiram em três vasos, com três plantas cada, para cada tratamento, sendo que os manejo de adubação e irrigação foram os mesmos adotados no experimento 3. A aplicação dos produtos foi feita junto à semeadura e 20 DAS, na fase de perfilhamento. As plantas foram retiradas, com cuidado para não afetar a área das raízes, no início do seu desenvolvimento vegetativo, após 20 dias da última aplicação, ou seja, 40 DAS. Foram separadas e pesadas imediatamente partes aéreas e raízes. As partes separadas foram colocadas em sacos de papel tipo *kraft* e dispostas em uma estufa, inicialmente programada para manter a temperatura de 45°C por 2 dias e, posteriormente, ajustada para 60°C por mais 2 dias. Após a retirada do material da estufa, foram pesadas novamente as partes das plantas, para obtenção das variáveis: massa seca de parte aérea (MSP e massa seca de raiz (MSR). As características de vigor e índice de doenças foliares foram avaliadas através do monitoramento visual, distribuindo notas de 0 (onde a níveis são baixos) a 5 (níveis mais altos).

Tabela 4 - Tratamentos, doses, modos de aplicação e repetições do experimento 4 (Casa de vegetação).

Tratamentos	Doses (mL/ha)	Modo de aplicação	Nº de repetições
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	200	Semeadura	3

BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	200	Perfilhamento	3
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	200	Semea. + perf.	3
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	400	Semeadura	3
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	400	Perfilhamento	3
BT - <i>Trichoderma harzianum</i>	400	Semea. + perf.	3
AZ - <i>Azospirillum brasilense</i>	200	Semeadura	3
AZ - <i>Azospirillum brasilense</i>	200	Perfilhamento	3
AZ - <i>Azospirillum brasilense</i>	200	Semea. + perf.	3
BT + AZ - <i>T. harzianum</i> + <i>A. brasilense</i>	200 + 200	Semeadura	3
BT + AZ - <i>T. harzianum</i> + <i>A. brasilense</i>	200 + 200	Perfilhamento	3
BT + AZ - <i>T. harzianum</i> + <i>A. brasilense</i>	200 + 200	Semea. + perf.	3
Testemunha ¹	-	-	3

¹Sem aplicação de produto.

4.5 Esquema experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados (DBC) para todos os ensaios, variando o número de tratamentos e repetições de acordo com os experimentos (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Os dados foram analisados seguindo a metodologia proposta por Ramalho et. al. (2012), utilizando o software R (R PROGRAM, 2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados estatísticos

A qualidade experimental no caso dos experimentos de campo, aferida pelo coeficiente de variação variou de 3,82 a 25,70 (Tabelas 5, 6, 7 e 8) e para os experimentos de casa de vegetação variou de 17,90 a 34,44 (Tabelas 9, 10 e 11). Para comparar a precisão do experimento utiliza-se o coeficiente de variação experimental (CV %). Segundo Pimentel Gomes (2000), quanto menor o erro experimental, menor será o coeficiente de variação e, conseqüentemente, maior a precisão e confiabilidade do experimento. Para isso, utiliza um padrão de CV (%) em que é considerado baixo ou de alta precisão, coeficientes de variação

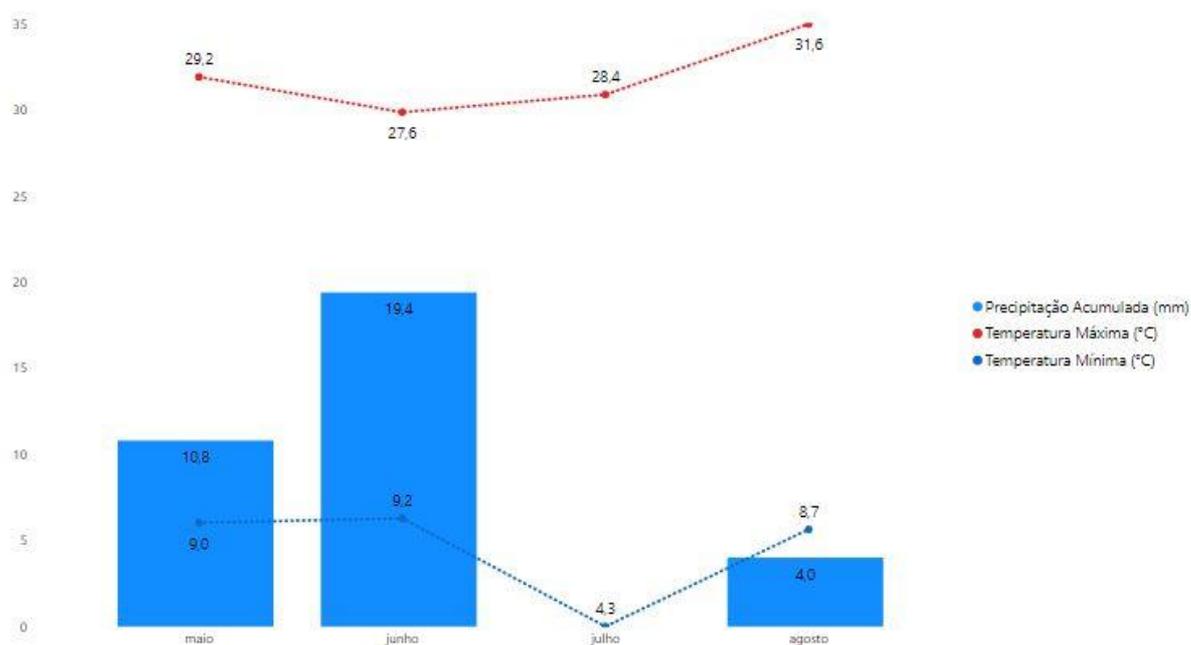
inferiores a 10%; Entre 10 e 20% são considerados coeficientes médios ou de boa precisão; Entre 20 e 30% são considerados altos ou de baixa precisão; E acima de 30% são níveis muito alto ou de baixíssima precisão. Porém, alguns autores argumentam que essa classificação pode ser imprópria para culturas agrícolas, por não levar em consideração a cultura estudada, a variável de estudo, a heterogeneidade do clima e do solo, o tamanho da parcela, entre outros. O experimento deve ser dirigido de forma a alcançar a maior precisão possível, principalmente em condições climáticas e de solo tão heterogêneas como é o caso das regiões tropicais do Cerrado, em que podem agravar o erro experimental, diminuindo a confiabilidade dos dados obtidos. O CV (%) é influenciado pela média das variáveis, portanto, no caso dos fatores que apresentaram CV maiores que 30%, foram porque obtiveram médias pequenas, contribuindo para o aumento do erro experimental e atingindo uma baixa precisão.

Como foram realizados dois tipos de experimento, sendo um em condições de campo e outro em condições controladas, por isso, os resultados obtidos serão apresentados em dois tópicos.

5.2 Experimentos de campo

O índice de pluviosidade da 2^a safra na região Sul de Minas e Campo das Vertentes foi abaixo do esperado para a região nessa época do ano. Na fazenda do grupo G7 (experimento 1), por exemplo, foram registrados apenas 26 mm de pluviosidade na área experimental, durante todo o desenvolvimento da cultura, até o momento da colheita das parcelas. Já na fazenda do grupo ASF agropecuária (experimento 2), localizada em Ijaci/MG, foram registrados 33 mm, durante toda a permanência das parcelas experimentais no campo (Gráfico 1).

Gráfico 1: Índice de pluviosidade acumulada (mm) e temperatura (°C) para a cidade de Ijaci/MG, entre os meses de maio/2021 à agosto/2021.



Fonte: Estação meteorológica UFLA/MG

Escassez de chuvas e temperaturas baixas são fatores comuns nessa época do ano para a região, porém nesta safra, as condições climáticas registradas foram atípicas, quando comparadas com o histórico de safras passadas. Com isso, os produtos a base de microrganismos biológicos não conseguem expressar sua total eficiência direta sob as plantas, visto que as recomendações dos fabricantes exigem condições de umidade e temperatura maiores que as que foram registradas ($UR > 65\%$ e temperaturas entre 20° e 30°C).

Os dados obtidos nas tabelas 5 e 6 revelam que não houve diferença significativa entre os tratamentos em nenhuma das variáveis analisadas. Quanto às características número de espigas por metro e número de perfilhos por planta, o tratamento em que não houve aplicação dos inoculantes (testemunha), obteve média consideravelmente menor que os tratamentos em que foram aplicados os produtos. O que aconteceu também na variável número de grãos, em que o tratamento AZ alcançou média de 83,25 enquanto a testemunha obteve apenas 57,00. Porém, nas variáveis: produtividade, PH e PMS, a testemunha obteve números mais favoráveis que as parcelas em que foram empregados os produtos biológicos.

Ao analisarmos o comprimento de raiz, podemos notar que o tratamento BM obteve média superior (10,42) que os outros tratamentos, enquanto a testemunha obteve menor média (7,33). Resultados análogos foram encontrados em trabalho realizado pela Embrapa Meio Ambiente (2021) com plantas de tomate-anão, no qual a aplicação de três espécies de

Metarhizium auxiliou na produção de raízes maiores e mais volumosas, contribuindo com o arranque inicial das plantas.

Analisando a variável altura de plantas, podemos observar que, na primeira coleta, a testemunha apresentou médias superiores que os demais tratamentos. Já na segunda coleta, os tratamentos em que foram aplicados os produtos biológicos igualaram às médias da testemunha, enquanto o tratamento ST (fertilizante mineral) obteve números absolutos menores que os demais. Resultados semelhantes foram encontrados por Corassa et. al (2013), que não observou diferença significativa entre os tratamentos para a característica altura de plantas com inoculação isolada de *Azospirillum brasilense*. Entretanto, em pesquisas realizadas por Zagonel et al. (2002), quando a inoculação da bactéria foi associada com doses de nitrogênio, apresentou resultados positivos significativos em relação às características altura de plantas e rendimento de grãos, isso porque o gênero está diretamente ligado a fixação biológica de nitrogênio (FBN) associado com doses de N.

Os fatores climáticos deste ano atípico podem ter influenciado os resultados, além do manuseio da área executada pelo produtor que, por não enxergar viabilidade econômica nesta safra, deixou de realizar alguns manejos importantes para a cultura como a aplicação de fungicida e inseticida, além de realizar um manejo incompleto de adubação. Esses pontos fizeram com que as plantas não expressassem seu máximo potencial produtivo, o que pode ter afetado negativamente a ação dos produtos a base de fungos e bactérias.

Tabela 5 - Médias e coeficientes de variação do experimento 1 para as variáveis: altura de plantas, comprimento de folha, altura de folha bandeira e comprimento de raiz.

Tratamento	Altura de plantas (Coleta 1) cm ^{ns}	Altura de plantas (Coleta 2) cm ^{ns}	Comprimento de folha cm ^{ns}	Altura de folha bandeira cm ^{ns}	Comprimento de raiz cm ^{ns}
BM	32,50a	59,42a	14,83a	41,83a	10,42a
AZ	34,83a	59,50a	14,50a	41,92a	7,75a
BP	33,58a	59,25a	15,83a	41,67a	8,58a
ST	34,67a	56,42a	14,75a	39,42a	9,33a
Testemunha ¹	40,33a	59,83a	15,17a	43,17a	7,33a
CV (%)	5,58	1,49	9,80	6,71	16,43

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

Tabela 6 - Médias e coeficientes de variação do experimento 1 para as variáveis: vigor, número de espigas por metro, produtividade, peso de hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMS), número de perfilho por planta e número de grãos.

Tratamento	Vigor ^{ns}	Nº espigas/metro ^{ns}	Produtividade kg/ha ^{ns}	PH kg/hl ^{ns}	PMS ^{ns}	Nº perfilhos/planta ^{ns}	Nº grãos ^{ns}
BM	3,25a	51,75a	3.211a	72,88a	51,75a	3,00a	79,00a
AZ	3,25a	51,25a	2.691a	68,75a	50,50a	2,25a	83,25a
BP	3,75a	55,75a	3.029a	78,00a	51,50a	7,25a	69,25a
ST	3,50a	51,50a	2.273a	70,88a	49,75a	3,50a	68,25a
Testemunha ¹	4,50a	46,00a	3.564a	83,25a	52,00a	1,50a	57,00a
CV (%)	19,81	9,03	20,06	14,49	5,20	25,70	21,62

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

As características mais influenciadas pelo uso desses inoculantes na cultura do trigo estão associadas ao crescimento inicial das plantas, principalmente no auxílio do desenvolvimento radicular e na germinação de sementes, resultando no aumento de produtividade (CADORE et al., 2016; SANTOS F. L., 2018). Em um levantamento feito por OKON; LABANDERA-GONZALES (1994), observaram que em torno de 60% dos experimentos com *Azospirillum spp.* foram obtidos incrementos na produtividade devido ao aumento no crescimento radicular e melhor absorção de nutrientes. Também no caso dos fungos, as características mais estudadas e com ganhos significativos são descritas no estágio inicial de desenvolvimento das culturas, auxiliando na germinação e no crescimento inicial de raízes. Oliveira J.B. (2017) avaliou na cultura do trigo cepas comerciais de *Trichoderma harzianum* e observou um aumento na velocidade e porcentagem de germinação das sementes, assim como um desenvolvimento superior de raízes das plantas inoculadas, quando comparadas às plantas sem inoculação biológica aplicada.

Nas tabelas 7 e 8 podemos observar que, mesmo não havendo diferença estatística entre os tratamentos e a testemunha em relação ao comprimento de raiz, as parcelas em que foram aplicados os produtos biológicos (BP, AZ e BT), obtiveram números absolutos superiores (7,42; 6,92; 6,33) às plantas que não houve aplicação dos produtos (5,83). Dados

semelhantes foram obtidos também para a variável altura de plantas (coleta 2), na qual a aplicação dos inoculantes biológicos e do fertilizante mineral misto promoveram incrementos dessa característica, proporcionando números médios superiores à testemunha.

Uma das características mais visadas nos trabalhos é a avaliação da produtividade. Para essa variável, as médias se mantiveram muito semelhantes entre os tratamentos, tendo a testemunha números superiores aos tratamentos AZ e BT. Porém, a parcela em que foi aplicado o fertilizante mineral misto (ST), foi a única em que obteve melhores médias em relação às plantas sem inoculação. Resultados divergentes foram obtidos por Mumbach et al. (2017), avaliando a aplicação de inoculantes biológicos em conjunto com adubação nitrogenada na cultura do trigo e milho safrinha, observaram que os agentes promoveram incremento na produtividade e redução na adubação de N mineral em cobertura de forma linear.

Tabela 7 - Médias e coeficientes de variação do experimento 2 para as variáveis: altura de plantas, comprimento de folha, altura de folha bandeira e comprimento de raiz.

Tratamentos	Altura de plantas (Coleta 1) cm ^{ns}	Altura de plantas (Coleta 2) cm ^{ns}	Comprimento de folha cm ^{ns}	Altura de folha bandeira cm ^{ns}	Comprimento de raiz cm ^{ns}
ST	48,83a	64,83a	14,17a	42,17a	5,08a
BP	55,58a	63,42a	13,92a	40,08a	7,42a
AZ	54,00a	62,00a	13,00a	39,08a	6,92a
BT	56,58a	60,92a	12,25a	38,08a	6,33a
Testemunha ¹	55,67a	59,83a	14,00a	38,17a	5,83a
CV (%)	3,82	3,84	8,58	6,05	25,46

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

Tabela 8 - Médias e coeficientes de variação do experimento 2 para as variáveis: vigor, número de espigas por metro, produtividade, peso de hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMS), número de perfilhos por planta e número de grãos.

Tratamento	Vigor ^{ns}	Nº espigas/ metro ^{ns}	Produtividade kg/ha ^{ns}	PH Kg/hl ^{ns}	PMS ^{ns}	Nº perfilhos / planta ^{ns}	Nº grãos ^{ns}
ST	3,75a	51,75a	1.888a	72,10a	44,00a	2,00a	138,25a

BP	3,25a	51,25a	1.758a	80,40a	43,50a	1,25a	121,00a
AZ	3,25a	55,75a	1.317a	68,80a	43,80a	1,25a	133,00a
BT	2,75a	51,50a	1.194a	73,60a	48,50a	1,50a	126,75a
Testemunha ¹	3,00a	46,00a	1.700a	73,00a	48,00a	1,00a	128,50a
CV (%)	19,63	17,23	17,41	13,15	5,20	25,30	14,63

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

5.3 Experimentos em condições controladas

Analisando as tabelas 9 e 10, pode-se observar que os tratamentos em que os produtos foram aplicados, não obtiveram respostas estatisticamente positivas em relação as variáveis analisadas. Os resultados podem ser explicados pelo fato de que cepas isoladas de uma espécie vegetal específica são mais eficientes em colonizar e auxiliar no desenvolvimento radicular quando inoculadas na mesma espécie vegetal em que foi isolada (BALDANI; BALDANI, 2005). Como as cepas comerciais são registradas para controle de pragas e doenças, pode ser que os isolados não expressaram seu máximo potencial quando utilizados na forma de inoculantes na cultura do trigo. Resultados semelhantes foram encontrados por Bécquer et al. (2013) em condições controladas, em que a aplicação de *Trichoderma harzianum* não apresentou efeitos positivos significativos em nenhuma das características analisadas (peso seco de raiz, germinação, peso seco de parte aérea, teor de clorofila e comprimento de caule).

Tabela 9 - Médias do experimento 3 para as variáveis: Altura de plantas, comprimento de folha, número de folhas e número de perfilhos por planta.

Tratamento	Altura de plantas (Coleta 1) cm ^{ns}	Comprimento de folha cm ^{ns}	Altura de plantas (Coleta 2) cm ^{ns}	N° de folhas ^{ns}	N° perfilhos/ planta ^{ns}
BM	54,40a	31,93a	60,93a	3,07a	0,40a
BT	63,00a	32,33a	63,75a	3,08a	0,25a
Testemunha ¹	67,08a	32,08a	68,83a	3,58a	0,50a

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

Tabela 10 - Médias do experimento 3 para as variáveis: Índice de doenças foliares, comprimento de espiga, número de espiguetas e número de grãos.

Tratamento	Doenças foliares ^{ns}	Comprimento de espiga cm ^{ns}	Nº de espiguetas ^{ns}	Nº grãos ^{ns}
BM	2,20a	9,80a	15,80a	120,40a
BT	1,80a	9,71a	15,25a	146,25a
Testemunha ¹	1,75a	9,88a	15,25a	136,00a

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

A tabela 11 mostra que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, porém, pode-se observar que a aplicação de *Trichoderma harzianum* via perfilhamento e com o dobro da dose recomendada (BT - 2 Doses : Perfilhamento), em números absolutos, foi superior a todos os outros tratamentos nas variáveis MVR e MSR (5,07g e 2,47g). A combinação de *Trichoderma harzianum* com *Azospirillum brasilense* (AZ + BT) também não influenciou positivamente o crescimento de raiz e/ou de parte aérea, podendo ser explicado pelo fato do fungo possuir uma natureza antagonica, mascarando os benefícios dos produtos testados e depreciando o efeito tanto do fungo quanto da bactéria. A aplicação isolada dos produtos, independente do modo de aplicação, não mostrou efeitos positivos em relação ao tratamento sem inoculantes (testemunha). O que foi observado também em pesquisa realizada por Bécquer et al. (2015) na cultura do trigo, no qual a aplicação dos inoculantes biológicos não apresentou incremento em nenhuma das variáveis analisadas.

Em relação às variáveis MVP, não houve diferença estatística, contudo pode-se observar que o tratamento em que foi aplicado *Trichoderma* no momento da semeadura e no perfilhamento (BT - perf. + semea.), independente da dosagem utilizada, apresentou números médios superiores (7,17) em relação à testemunha (5,00). Considerando os modos de aplicação, para as variáveis MVR e MSR, os números das médias em que os produtos foram aplicados junto à semeadura (2,31; 1,48) foram inferiores, quando comparados com as aplicações feitas no estágio de perfilhamento (3,77; 1,95) e quando aplicados em semeadura + perfilhamento (3,68; 2,14).

Tabela 11 - Médias e coeficientes de variação do experimento 4 para as variáveis: Massa Verde de Raiz (MVR), Massa Verde de Parte aérea (MVP), Massa Seca de Raiz (MSR) e Massa Seca de Parte aérea (MSP).

Tratamento	MVR ^{ns}	MVP ^{ns}	MSR ^{ns}	MSP ^{ns}
BT - 1 Dose : Perfilhamento	3,10a	4,67a	1,40a	0,47a
BT - 2 Doses : Perfilhamento	5,07a	5,33a	2,47a	0,50a
AZ - Perfilhamento	3,83a	6,00a	2,13a	0,53a
AZ + BT - Perfilhamento	3,10a	4,67a	1,77a	0,60a
BT - 1 Dose : Semeadura	2,07a	4,67a	1,50a	0,53a
BT - 2 Doses : Semeadura	2,33a	4,67a	1,47a	0,53a
AZ - Semeadura	2,37a	3,67a	1,63a	0,40a
AZ + BT - Semeadura	2,47a	4,67a	1,33a	0,47a
BT - 1 Dose : Perf. + Semea.	4,00a	7,67a	2,27a	0,77a
BT - 2 Doses : Perf. + Semea.	4,00a	6,67a	2,20a	0,70a
AZ - Perf. + Semea.	3,33a	6,33a	1,90a	0,60a
AZ + BT - Perf. + Semea.	3,40a	6,33a	2,20a	0,70a
Testemunha ¹	2,77a	5,00a	2,07a	0,77a
CV (%)	22,71	17,90	19,29	34,44

^{ns} não significativo no teste F a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott (P=0,05).

¹ Sem aplicação de produto.

Como aprendizado desse trabalho para futuras pesquisas, podemos pontuar algumas observações, como: Incluir nos experimentos diferentes doses de nitrogênio, com intuito de verificar uma relação positiva entre a adubação mineral e a inoculação com produtos biológicos, a fim de reduzir o uso de fertilizantes sintéticos e aumentar a utilização dos biológicos; Testar a utilização dos inoculantes em solos pobres, fazendo com que os efeitos dos microrganismos manifestem-se com mais clareza; Realizar o acompanhamento do efeito proporcionado pelos agentes biológicos a médio e longo prazo (mais de 2 safras), principalmente em locais com histórico de doenças controladas pelos fungos e bactérias utilizados neste trabalho, verificando a eficiência no controle de fitopatógenos em safras posteriores à inoculação; Relacionar a aplicação dos agentes na germinação e no desempenho inicial da cultura, em associação com produtos sintéticos utilizados no tratamento de sementes; Verificar o efeito de cepas produzidas comercialmente em relação à cepas

específicas, isoladas da própria cultura de estudo, testando a especificidade destes microrganismos.

6 CONCLUSÃO

Para os quatro experimentos e considerando as características distintas avaliadas, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Portanto, nas condições em que os experimentos foram implantados, especificamente para a cultura do trigo, não houve resposta positiva em relação à aplicação de inoculantes biológicos.

Nos experimentos a campo, as condições climáticas desta safra não favoreceram o desenvolvimento da cultura e afetaram, principalmente, a eficiência dos produtos biológicos, carentes de condições específicas para demonstrarem seu máximo potencial.

Já em condições controladas a falta de especificidade entre as cepas dos bioagentes e a cultura utilizada pode ter mascarado a ação dos bioprodutos, sendo necessários outros estudos para verificar a eficácia dos produtos biológicos utilizados como inoculantes nos cereais de inverno na região do Sul de Minas e Campo das Vertentes.

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ALFANO, G., IVEY, M.L.L., CAKIR, C., BOS, J.I.B., MILLER, S.A., MADDEN, L.V., KAMOUN, S., HOITINK, H.A.J., 2007. Systemic modulation of gene expression in tomato by *Trichoderma hamatum* 382. *Phytopathology* 97, 429-437.

AZEVEDO, R.A., R.M. ALAS, R.J. SMITH & P.J. LEA. Response from elevated carbon dioxide to air and ozone fumigation in leaves and roots of wild type and a catalase-deficient mutant of barley. *Physiologia Plantarum*, 1998.

BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. History on the biological nitrogen fixation research in graminaceous plants: special emphasis on the Brazilian experience. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, v. 77, n.3, 2005.

BARELLI, L.; MOONJELY, S.; BEHIE, S. W.; BIDOCHKA, M. J. Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. *Plant Molecular Biology*, v. 90, n. 6, p. 657-664, 2016.

BARELLI, LARISSA & MOONJELY, SOUMYA & BEHIE, SCOTT & BIDOCHKA, MICHAEL. (2016). Fungi with multifunctional lifestyles: endophytic insect pathogenic fungi. *Plant molecular biology*. 90. 10.1007/s11103-015-0413-z.

BÉCQUER, CARLOS J. & LAZAROVITS, GEORGE & LALIN, IGOR. (2013). In vitro interaction between *Trichoderma harzianum* and plant growth promoter rhizosphere bacteria. Cuban Journal of Agricultural Science. 47. 97-102.

BÉCQUER, CARLOS J. & LAZAROVITS, GEORGE & NIELSEN, L. & QUINTANA SANZ, MARIBEL & ADESINA, MODUPE & QUIGLEY, L. & LALIN, IGOR & IBBOTSON, C.. (2015). Effect of the inoculation with rhizospheric bacteria and *Trichoderma* in wheat (*Triticum aestivum* L.)Efecto de la inoculación con bacterias rizosfericas y *Trichoderma* en trigo (*Triticum aestivum* L.). Pastos y Forrajes. 38. 29-37.

BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle Biológico. In: BERGAMIN, A. F.; KIMATI, H.; AMORIN, L. Manual de Fitopatologia. Princípios e Conceitos. 3.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p.717-728.

BIUDES, G.B.; CAMARGO, C.E.O.; FERREIRA FILHO, A.W.P.; PETTINELLI JÚNIOR, A.; FOLTRAN, D.E.; CASTRO, J.L.; AZEVEDO FILHO, J.A. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens diaplóides de trigo. *Bragantia*, v.68, 2009.

CADORE DA SILVA, LUANA & SILVA, NAYRA & VEY, ROSANA & SILVA, ANTONIO. (2016). Inoculação de sementes com *Trichoderma harzianum* E *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento inicial de arroz. *Enciclopédia Biosfera*. 13. 1725-1731. 10.18677/EnciBio_2016B_158.

CAVALLET, L.; PESSOA, A.; HELMICH, J.; HELMICH, P.; OST, C. 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.

CHAGAS JÚNIOR, A.F.; SANTOS, G.R; REIS, H.B.; MILLER, L.O. & CHAGAS, L.F.B. (2012). Resposta de feijão-caupi à inoculação com rizóbio e *Trichoderma* sp. no cerrado, Gurupi- -TO. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7: 242-249.

CHAPLA, V. M.; BIASETTO, C. R.; ARAUJO, A. R. Fungos endofíticos: Uma fonte inexplorada e sustentável de novos e bioativos produtos naturais. *Revista Virtual de Química*, n. 3, p. 421-437, 2013.

COELHO, L. F.; FREITAS, S. S.; MELO, A. M. T.; AMBROSANO, G. M. B. Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus* spp. com a rizosfera de diferentes plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1413-1420, 2007.

CORASSA, G. M.; BERTOLLO, G. M.; GALLON, M.; BONA, S. D.; SANTI, A. L. Inoculação com *Azospirillum brasilense* associada à adubação nitrogenada em trigo na região norte do Rio Grande do Sul. *Enciclopédia biosfera Centro Científico Conhecer* v. 9, p. 1298-1308, 2013.

DA' SILVEIRA, A. C. et al. Avaliação dos Componentes de Rendimento do Trigo quando Submetido a Diferentes Fontes de Nitrogênio. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, v. 20, n. 1, 2016.

DARTORA, JANAÍNA & GUIMARÃES, VANDEIR & MARINI, D. & JÚNIOR, A.S. & CRUZ, LEONARDO & MENSCH, REGINALDO. (2013). Influência do Tratamento de

Sementes no Desenvolvimento Inicial de Plântulas de Milho e Trigo Inoculados com *Azospirillum brasilense*. *Scientia Agraria Paranaensis*. 12.175-181.10.18188/1983-1471/sap.v12n3p175-181.

DÍAZ-ZORITA, M.; FERNANDEZ CANIGIA, M.V. Análisis de la producción de cereales inoculados con *Azospirillum brasilense* en la República Argentina. In: CASSÁN, F.D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.) *Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina*. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. p.155-166.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGHS, A. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. *Biology and Fertility of Soils*, v.36, p.284-297, 2002.

ESCUADERO, N. & LOPEZ-LLORCA, L. V. Effects on plant growth and root-knot nematode infection of an endophytic GFP transformant of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*. *Symbiosis*, Philadelphia, v. 57, n. 1, May 2012.

ESPÓSITO, E. & SILVA, M. da. Sistematics and Environmental Applications of the genus *Trichoderma*. *Critical Reviews In Microbiology*, 24: 89-98, 1998.

FALLIK, E.; SARIG, S.; OKON, Y. Morphology and physiology of plant roots associated with *Azospirillum* In: OKON, Y. (Ed.). *Azospirillum/plant associations* Boca Raton : CRC, 1994. p.77-85.

FERREIRA, K. S. C.; SANTOS, G. J. C; SILVA, C. C. Avaliação do tratamento com extrato de nim na redução da incidência de *Aspergillus niger* associados às sementes de embiratanha. *Fitopatologia brasileira*, v.31 (suplemento), p.312, 2006.

FLANDRIN, Jean-Louis & MONTANARI, Massimo. *História da alimentação*. São Paulo, SP: Estação da Liberdade, 1998.

FUKAMI J, NOGUEIRA MA, ARAUJO RS, HUNGRIA M (2016) Accessing inoculation methods of maize and wheat with *Azospirillum brasilense*.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; BOLETA, E. H. M.; ROSA, P. A. L.; GASPARETO, R. N.; BIAGINI, A. L. C.; BARATELLA, E. B.; PEREIRA, I. T. Technical and economic viability of corn with *Azospirillum brasilense* associated with acidity correctives and nitrogen. *Journal of Agricultural Science*, Richmond Hill, v. 10, 2018.

GEORGIN, J., LAZZARI, L., LAMEGO, F. P., & CAMPONOGARA, A. (2014). Desenvolvimento inicial de trigo (*Triticum aestivum*) com uso de fitohormônios, zinco e inoculante no tratamento de sementes. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 18 (4), 1318- 1325.

GORDILLO-DELGADO, FERNANDO & MARÍN, ERNESTO & CALDERÓN, A.. (2016). Effect of *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia unamae* Bacteria on Maize Photosynthetic Activity Evaluated Using the Photoacoustic Technique. *International Journal of Thermophysics*. 37. 10.1007/s10765-016-2101-x.

HARMAN, G., HOWELL, C., VITERBO, A. et al. *Trichoderma* species — opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat Rev Microbiol* 2, 43–56 (2004).

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>

<http://abitriigo.com.br/estatisticas-abitriigo/trigo-e-a-farinha-no-mundo>

<https://anba.com.br/cerrado-da-nova-perspectiva-a-producao-de-trigo-no-brasil>.

https://bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/636/3/2021_CDS_151

<https://conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>

<https://croplifebrasil.org>

<https://embrapa.br/trigo>

<https://embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/59649663/pesquisadores-identificam-fungos-que-estimulam-o-crescimento-de-tomate>

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128602/1/ID-43066-2015-trigo-do-plantio-a-colheita-cap2.pdf>

<http://fao.org/brasil/pt/>

JABER, L. R. & ENKERLI, J. Fungal entomopathogens as endophytes: can they promote plant growth? *Biocontrol Science and Technology*, v.27, n1, p. 28-41, 2016.

KAZI, N.; DEAKER, R.; WILSON, N.; MUHAMMAD, K.; TRETOWAN, R. The response of wheat genotypes to inoculation with *Azospirillum brasilense* in the field. *Field Crops Research* v. 196, p. 368-378, 2016.

KLEIFELD, O.; CHET, I. *Trichoderma*: plant interaction and its effects on increased growth response. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 144, n. 2, p. 267-272, Aug. 1992.

LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S.; CASTRO, R. L. de. Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2015 - reação ao BYDV. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. Anais... Londrina: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, 2016. 5 p. 1.

LOPEZ, D. C. & SWORD, G. A. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*). *Biological control*, New York, v. 89, p. 53-60, Oct. 2015.

LIAO, X. et al. The plant beneficial effects of *Metarhizium* species correlate with their association with roots. *Applied Genetics and Molecular Biotechnology*, Berlim, v. 98, n. 16, p. 7089-7096, May 2014.

LIAO, XINGGANG & LOVETT, BRIAN & FANG, WEIGUO & ST LEGER, RAYMOND. (2017). *Metarhizium robertsii* produces indole-3-acetic acid, which promotes root growth in *Arabidopsis* and enhances virulence to insects. *Microbiology* (Reading, England). 163. 10.1099/mic.0.000494.

LYNCK, J. Pesquisa inglesa com agentes biológicos. *Jornal Agroceres*, São Paulo, v. 212, p. 2, 1992.

MUMBACH, G. L.; KOTOWSKI, I. E.; SCHNEIDER, F. J. A.; MALLMANN, M. S.; BONFADA, E. B.; PORTELA, V. O.; BONFADA, E. B.; KAISER, D. R. Resposta da inoculação com *Azospirillum brasilense* nas culturas de trigo e de milho safrinha. *Scientia Agraria*, v.18, n.2, 2017.

OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C.A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, p.1591-1601, 1994.

OLIVEIRA, Jessica Borges. Promoção do crescimento e da produtividade de trigo pelo emprego de cepas comerciais de *Trichoderma* spp.. 2017. 40 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO.

PEREIRA L. C. et al. 2017. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. *Revista de Ciências Agrárias* 40: 105-113.

PUJOL-LUZ, J. R.; H. MARQUES; A. URURAHY-RODRIGUES; J. A. RAFAEL; F. H. SANTANA; L. C. ARANTES & R. CONSTANTINO. 2006. A forensic entomology case from the Amazon rain forest of Brazil. *Journal of Forensic Sciences* 51: 1151–1153.

RODRIGUES, L. F. O. S. et al. Características agronômicas do trigo em função de *Azospirillum brasilense*, ácidos húmicos e nitrogênio em casa de vegetação. *Engenharia Agrícola Ambiental*, v.18, n.1, p.31-37, 2014.

ROSSI, R. M. & NEVES, M. F. Estratégias para o Trigo no Brasil. São Paulo: Atlas, 2004.
SALA, V. M. R.; FREITAS, S. DOS S.; SILVEIRA, A. P. D. DA. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.1593-1600, 2007.

SANTOS, Franciane Lemos dos. Inoculação e coinoculação de rizobactérias promotoras de crescimento em plantas de arroz, milho e trigo. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Unidade Ipameri, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri-GO.

SILVA, S. R.; PIRES, J. L. F. Resposta do trigo BRS Guamirim à aplicação de *Azospirillum*, nitrogênio e substâncias promotoras do crescimento. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 48, n. 4, Oct./Dec. 2017.

SILVA, V. N.; GUZZO, S. D.; LUCON, C. M. M.; HARAKAVA, R. Promoção de crescimento e indução de resistência à antracnose por *Trichoderma* spp. em pepineiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1609-1618, 2011.

SOUSA, I. M., NASCENTE, A. S. & FILIPPI, M. C. C. (2019). Bactérias promotoras do crescimento radicular em plântulas de dois cultivares de arroz irrigado por inundação. *Colloquium Agrariae*, 15 (2), 140-145.

SUDHA V, GOVINDARAJ R, BASKAR K, AL-DHABI NA & DURAI PANDIYAN V (2016) Biological properties of Endophytic Fungi. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 59:01-07.

TOMASINI, R.G.A. Trigo: aspectos sociais e econômicos. In: FESTA NACIONAL DO TRIGO, 3., 1985, Cruz Alta. Trigo: a auto-suficiência nacional pode ser apenas uma questão de querer. Cruz Alta: Prefeitura Municipal Secretaria de Turismo, 1985.

VEY, Rosana Taschetto. Trichoderma e silicato de potássio no desenvolvimento e na redução da ferrugem da folha no trigo. 2017. Dissertação (Mestrado em Agrobiologia) - Programa de Pós-Graduação em Agrobiologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.

ZAIED, K.A.; EL-HADY, A.H.; AFIFY, A.H.; NASSEF, M.A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. *Pakistan. Journal of Biological Sciences*, v.4, p.344-358. 2003.

ZAGONEL, J. Efeito de regulador de crescimento na cultura do trigo submetido a diferentes doses de nitrogênio e densidades de plantas. *Revista Planta Daninha*. Viçosa, v. 20, n. 3, p. 471-476, 2002.

ZUCARELI, C.; CIL, I. R.; PRETE, C. E. C.; PRANDO, A. M. Eficiência agrônômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. *Revista Agrarian*, v. 4, n. 13, p. 152-157, 2011.

8 ANEXO

Tabela 12 - Análise de variância do experimento 1 para as características PH, produtividade, peso de grãos, número de espiguetas, número de grãos e comprimento de raiz.

FV	GL	QM					
		PH	Produtividade	Peso grãos	Nº espiguetas	Nº grãos	Comprim. Raiz
Tratamentos	4	97,20	88,82	0,03	3,24	305,674	5,12
Repetições	3	43,78	179,35	0,03	3,32	51,02	1,14
Resíduo	10	114,09	871,56	0,07	2,00	248,72	2,11
CV (%)		14,49	20,06	5,20	12,80	21,62	16,43

Tabela 13 - Análise de variância do experimento 1 para as características número de espigas por planta, vigor, altura de folha, altura de plantas, perfilhamento e comprimento de folha.

FV	GL	QM					
		Nº espigas/metro	Vigor	Altura de folha	Altura de plantas	Perfilhamento	Comprim. Folha
Tratamentos	4	32,81	0,67	6,02	7,29	0,26	1,05
Repetições	3	54,99	0,26	6,72	2,40	0,31	0,36
Resíduo	10	21,43	0,50	7,73	0,77	0,26	2,16
CV (%)		9,03	19,81	6,71	1,49	25,70	9,80

Tabela 14 - Análise de variância para o experimento 2 para as características PH, produtividade, peso de grãos, número de espiguetas, número de grãos e comprimento de raiz.

FV	GL	QM					
		PH	Produtividade	P. grãos	Nº espiguetas	Nº grãos	Comp. Raiz
Tratamentos	4	71,77	404,89	0,21	1,46	169,07	2,88
Repetições	3	80,17	641,94	0,19	2,61	642,66	1,34
Resíduo	10	93,93	204,75	0,15	2,26	359,00	2,45
CV (%)		13,15	17,41	5,20	12,80	14,62	25,46

Tabela 15 - Análise de variância para o experimento 2 para as características número de espigas por metro, vigor, altura de folha, altura de plantas, perfilhamento e comprimento de folha.

FV	GL	QM					
		Nº espigas/ metro	Vigor	Altura de folha	Altura de plantas	Perfilhamento	Comprim. Folha
Tratamentos	4	35,13	0,58	10,40	12,59	0,49	2,52
Repetições	3	36,68	0,33	2,73	5,17	1,83	1,54
Resíduo	10	18,55	0,40	5,76	5,68	1,70	1,32
CV (%)		17,23	19,63	6,05	3,82	25,30	8,58

Tabela 16 - Análise de variância para o experimento 4 para as características Massa Verde de Raíz, Massa Verde de Parte aérea, Massa Seca de Raíz e Massa Seca de Parte aérea.

FV	GL	QM			
		MVR	MVP	MSR	MSP
Tratamentos	12	0.17	0.17	0.06	0.02
Repetições	2	0.04	0.02	0.07	0.02
Resíduo	24	0.16	0.17	0.07	0.01
CV (%)		22,71	17,9	19,29	34,44