

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

FELIPE RIBEIRO BORDIN

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE TRIGO SOBRE
DIFERENTES MANEJOS BIOLÓGICOS**

**CERRO LARGO
2024**

FELIPE RIBEIRO BORDIN

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE TRIGO SOBRE
DIFERENTES MANEJOS BIOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Agrônomo.

Orientadora: Prof. Dr. Juliane Ludwig

CERRO LARGO
2024

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Bordin, Felipe Ribeiro

QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE
TRIGO SOBRE DIFERENTES MANEJOS BIOLÓGICOS / Felipe
Ribeiro Bordin. -- 2024.

44 f.:il.

Orientadora: Doutora Juliane Ludwig

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2024.

1. *Triticum aestivum*; *Bacillus amyloliquefaciens*;
Trichoderma harzianum; controle biológico.. I. Ludwig,
Juliane, orient. II. Universidade Federal da Fronteira
Sul. III. Título.

FELIPE RIBEIRO BORDIN

**QUALIDADE FISIOLÓGICA E SANITÁRIA DE SEMENTES DE TRIGO SOBRE
DIFERENTES MANEJOS BIOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para
obtenção do título de Agrônomo.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 28/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 JULIANE LUDWIG
Data: 08/12/2024 20:57:50-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

**Prof.^a Dr.^a Juliane Ludwig – UFFS
Orientadora**

Documento assinado digitalmente
 TATIANE CHASSOT
Data: 07/12/2024 17:37:48-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

**Prof.^a Dr.^a Tatiane Chassot – UFFS
Avaliadora**

Documento assinado digitalmente
 JANAINA SILVA SARZI
Data: 08/12/2024 16:09:04-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

**Dr.^a Janaina Silva Sarzi – UFFS
Avaliadora**

Dedico este trabalho aos meus pais,
que não pouparam esforços para
que eu pudesse concluir meus
estudos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho e ao longo da minha trajetória acadêmica. Em especial:

À minha orientadora, professora Juliane Ludwig, pelos ensinamentos e pela paciência em sanar minhas dúvidas, sempre se disponibilizando, mesmo em horários não letivos, para me guiar e apoiar durante o curso de Agronomia e na elaboração deste trabalho. Sua dedicação e apoio constante foram fundamentais para o meu desenvolvimento.

À minha tia e madrinha Fernanda, por disponibilizar a coleta das amostras, e ao meu amigo Luciano, que esteve ao meu lado em quase todas as análises de laboratório e me acompanhou na coleta das espigas sob o sol intenso. A ajuda de ambos foi inestimável.

Aos meus pais e à minha irmã, por sempre me apoiarem incondicionalmente e nunca duvidarem de mim. Sou imensamente grato pelo amor e incentivo constantes em todas as etapas da minha vida acadêmica.

Aos meus amigos Eduardo, Luciano, Felipe, Jardel, Ezequiel, Rafael e José, por todo o apoio e companheirismo. Vocês contribuíram de forma significativa com seu tempo e esforço, muitas vezes sacrificando seus próprios compromissos para me ajudar.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Cerro Largo, por fornecer os laboratórios e equipamentos necessários, bem como por oferecer uma educação gratuita e de qualidade, essencial para a minha formação acadêmica.

A todos vocês, deixo aqui registrado o meu sincero agradecimento.

RESUMO

O trigo é um cereal de grande relevância no cultivo global, sendo empregado tanto na alimentação humana como animal, além de ser utilizado na fabricação de produtos diversos. Quanto ao cultivo do trigo, a qualidade fisiológica das sementes tem influência significativa no sucesso das culturas, sendo os testes de germinação importantes para a avaliação da vitalidade e das condições fisiológicas das espécies. Nesse contexto, este trabalho objetivou identificar como diferentes métodos de manejo biológico, aplicados na semente/planta, influenciam a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. No que tange ao método, realizou-se a coleta do material no município de São Luiz Gonzaga, RS onde foram utilizados os agentes biológicos *Bacillus amyloliquefaciens* e *Trichoderma harzianum*, isolados ou combinados, para avaliar seu impacto na qualidade das sementes produzidas. Os testes isolados foram feitos com a inoculação de 150 ml ha⁻¹ de Duobac® (*B. amyloliquefaciens*) e de 150g ha⁻¹ de Trincheira® (*T. harzianum*), e na parte aérea foram realizadas duas aplicações, utilizando pulverizador costal com volume de calda de 120 ml ha⁻¹ na dose de 100 ml ha⁻¹ de Duobac no perfilhamento e no inicio da fase reprodutiva. As análises patológicas foram realizadas em caixas Gerbox, utilizando o método *Blottertest*, mantidas incubadas durante 7 dias a 25 °C. O teste de germinação foi realizado em papéis Germitest, mantidas incubadas durante 8 dias a 20 °C. A análise estatística foi realizada utilizando o software SISVAR. Os resultados indicaram que a combinação de *B. amyloliquefaciens* em aplicação aérea proporcionou o maior crescimento radicular das plântulas produzidas por suas sementes. Na avaliação da qualidade sanitária, a eficiência dos tratamentos variou conforme o tipo de fungo analisado, com reduções de *Fusarium* sp., mas aumento de *Cladosporium* sp. Conclui-se que os agentes biológicos podem vir a atuar como antagonistas de patógenos, promovendo um ambiente mais propício para o desenvolvimento das plântulas, mas a eficácia pode ser otimizada com práticas integradas de manejo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Trichoderma harzianum*; tratamento de sementes; controle biológico.

ABSTRACT

Wheat is a cereal of great significance in global cultivation, being used for both human and animal consumption, as well as in the production of various products. Regarding wheat cultivation, the physiological quality of seeds significantly influences crop success, with germination tests being important for assessing the vitality and physiological conditions of the species. In this context, this study aimed to identify how different biological management methods applied to seeds/plants influence the physiological and sanitary quality of wheat seeds. As for the methodology, material was collected in the municipality of São Luiz Gonzaga, RS, where the biological agents *Bacillus amyloliquefaciens* and *Trichoderma harzianum*, either isolated or combined, were used to evaluate their impact on the quality of the seeds produced. The isolated treatments involved inoculation with 150 ml ha⁻¹ of Duobac® (*B. amyloliquefaciens*) and 150 g ha⁻¹ of Trincheira® (*T. harzianum*). For foliar application, two applications were performed using a backpack sprayer with a spray volume of 120 ml ha⁻¹ and a dose of 100 ml ha⁻¹ of Duobac during tillering and at the beginning of the reproductive phase. Pathological analyses were conducted using Gerbox containers with the Blotter Test method, incubated for 7 days at 25 °C. The germination test was conducted with Germitest paper, incubated for 8 days at 20 °C. Statistical analysis was performed using the SISVAR software. The results indicated that the combination of *B. amyloliquefaciens* in aerial application promoted the greatest root growth in seedlings produced from these seeds. In the evaluation of sanitary quality, the efficiency of treatments varied depending on the type of fungus analyzed, with reductions in *Fusarium* sp. but increases in *Cladosporium* sp. It was concluded that biological agents can act as antagonists of pathogens, promoting a more favorable environment for seedling development; however, their effectiveness can be optimized through integrated management practices.

Keywords: *Triticum aestivum*; *Bacillus amyloliquefaciens*; *Trichoderma harzianum*; seed treatment; biological control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Local da coleta das amostras de trigo de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024.....	22
Figura 2 - Sementes de trigo alocadas em rolo de papel Germitest com zero e oito dias em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	24
Figura 3 - Paquímetro digital e balança de precisão utilizados para avaliação do experimento em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	25
Figura 4 - Distribuição das sementes dentro de caixas Gerbox, obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	26
Gráfico 1 - Incidência de <i>Alternaria</i> sp. e <i>Fusarium</i> sp. em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024.....	33
Gráfico 2 – Incidência de <i>Cladosporium</i> sp., <i>Bipolaris</i> sp. e demais contaminantes em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Germinação de sementes no 5º dia, obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	27
Tabela 2 - Germinação de sementes no 8º dia, obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	28
Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	29
Tabela 4 – Comprimento do sistema radicular de plântulas (mm), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	30
Tabela 5 – Altura da parte aérea de plântulas (mm), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	31
Tabela 6 – Massa seca da parte aérea de plântulas (MSA) (em gramas), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	31
Tabela 7 - Massa seca da parte radicular de plântulas (MSR) (em gramas), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavouras em São Luiz Gonzaga, RS, 2024	32

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DO TRIGO	12
2.2 QUALIDADE DE SEMENTES.....	13
2.2.1 Aspectos ecofisiológicos e de rendimento na cultura do trigo.....	13
2.2.2 Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo	15
2.3 CONTROLE DE DOENÇAS NA CULTURA DO TRIGO.....	15
2.3.1 Controle químico	16
2.3.2 Controle biológico	17
2.4 MODOS DE AÇÃO DOS BIOLÓGICOS	17
2.5 CONTROLE BIOLÓGICO.....	20
2.5.1 Evolução dos tratamentos biológicos	20
2.5.2 Manejo de biológicos	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	22
3.2 PREPARO DAS AMOSTRAS.....	23
3.3 TESTE DE GERMINAÇÃO.....	23
3.4 PATOLOGIA DE SEMENTES	25
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6 REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O trigo é um dos principais cereais cultivados mundialmente, desempenhando um papel crucial na alimentação humana devido à sua utilização na produção de subprodutos como farinha, essencial para pães, tortas, bolos e massas. Ainda, é amplamente empregado na alimentação animal, compondo rações e forragens, além de possuir valor econômico significativo por sua aplicação na fabricação de cosméticos, colas, produtos farmacêuticos e álcool (De Mori, 2015).

No Brasil, o cultivo de trigo teve um avanço notável no século XX, expandindo-se na década de 1940 para os estados do Rio Grande do Sul e Paraná, que atualmente representam cerca de 85% da produção nacional de trigo conforme a Associação Brasileira da Indústria do Trigo (Abitrigo, 2023). Nos últimos anos, o cultivo de trigo no Brasil tem crescido. Conforme a análise mensal de outubro da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2024), para a produção da safra 2024/25 estima-se a colheita de 8.263,7 mil toneladas (+2,1% em relação ao ano anterior) com produtividade de 2.693 kg/ha, sendo previsto finalizar a safra com estoques de 877,1 mil toneladas.

A qualidade fisiológica das sementes, fundamental para a germinação e vigor das plântulas, impacta diretamente o sucesso das culturas. Marcos Filho (2015) destaca a importância dos testes de germinação e vigor na avaliação dessa qualidade, pois eles indicam a capacidade das sementes de desenvolverem plântulas robustas em diversas condições ambientais. Esses testes são cruciais para garantir a resistência necessária para enfrentar estresses ambientais e promover altas taxas de estabelecimento no campo.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012) e Finch-Savage e Bassel (2016), o vigor das sementes é essencial para o estabelecimento das culturas e adaptação a ambientes adversos. A manutenção da qualidade fisiológica depende de práticas pós-colheita eficazes, como o controle das condições de armazenamento para prevenir a deterioração. Estratégias adequadas de armazenamento são vitais para preservar a viabilidade e o vigor das sementes até o plantio, maximizando o desempenho das culturas e assegurando um ciclo agrícola sustentável.

Apesar de sua importância, a produtividade e a qualidade das sementes de trigo são frequentemente ameaçadas por doenças, que podem reduzir o rendimento

e comprometer a qualidade das plantações (Pereira, 2018). O conhecimento dos patógenos que afetam as sementes é, portanto, essencial para entender os fatores que influenciam o desenvolvimento saudável das plantas e a qualidade da colheita (Luz, 2003).

Em resposta aos desafios fitossanitários, o manejo biológico tem se destacado como uma alternativa viável e sustentável ao uso de produtos químicos no controle de doenças. Esse tipo de manejo busca reduzir os impactos ambientais e diminuir a necessidade de uso que produtos químicos que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde (Pereira; Sant'Ana, 2022). Além de diminuir a dependência de defensivos agrícolas convencionais, o manejo biológico evidencia uma abordagem coerente com a agricultura sustentável (Altieri, 1999; Primavesi, 1992).

O uso de agentes biológicos específicos pode reduzir a incidência de patógenos nas sementes, evidenciando igualmente que diferentes métodos de manejo biológico geram respostas distintas, dependendo dos agentes utilizados, além de considerar que o manejo biológico pode fortalecer a resistência das plantas a longo prazo (Pires e Brandão, 2022). Neste contexto, este trabalho objetivou compreender como diferentes métodos de manejo biológico, aplicados na planta, influenciam a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DO TRIGO

O trigo, uma cultura originária do Oriente Médio, ainda possui progenitores selvagens nesta região. A história do cultivo do trigo remonta a períodos antes de Cristo, com a tecnologia de produção desse cereal se disseminando globalmente ao longo dos anos (Brum e Heck, 2005). O gênero *Triticum* pertence à família Poaceae e apresenta uma grande diversidade de espécies e variedades, cada uma adaptada a diferentes condições ambientais e objetivos de cultivo (Danelli *et al.*, 2012). Entre as variedades mais comuns, destacam-se o trigo duro (*Triticum durum*), utilizado na produção de massas, e o trigo comum (*Triticum aestivum*), destinado à fabricação de pães e outros produtos de panificação (Pereira, 2018).

A introdução do trigo no Brasil ocorreu na Capitania de São Vicente, em São Paulo, em 1534, coincidente com o início da colonização. A expansão significativa do cultivo se deu na Região Sul, impulsionada pela chegada de imigrantes europeus de regiões temperadas, que já dominavam as técnicas de cultivo do trigo (Mundstock, 1999).

De acordo com a USDA (2024) em 2024, serão colhidos 794,1 milhões de toneladas de trigo em 222,1 milhões de ha no mundo todo. No Brasil, a área plantada foi de, aproximadamente, de 3 milhões de hectares produzindo mais de 8,8 milhões de toneladas, o que gera uma produtividade média de 2.870 kg/ha (Conab, 2024).

A produção de trigo é dominada por países como China, Índia, e Rússia, destacando-se a importância estratégica do trigo brasileiro no suprimento regional e no equilíbrio do mercado interno. No Brasil, a produção de trigo está concentrada nas regiões Sul e Sudeste, onde as condições climáticas são tradicionalmente favoráveis ao cultivo. Entretanto, nas últimas décadas, outras regiões, como o Cerrado, têm expandido sua participação graças a avanços tecnológicos e ao desenvolvimento de cultivares mais adaptadas a diferentes condições climáticas.

O governo investe em pesquisa e desenvolvimento através de instituições como a Embrapa, focando no desenvolvimento de cultivares de trigo mais resistentes e adaptadas a diferentes condições climáticas. Subsídios diretos e garantias de preço mínimo asseguram uma renda mínima aos produtores, protegendo-os em anos de

baixa produtividade ou preços desfavoráveis (Mapa, 2023). Essas ações refletem um compromisso contínuo com a segurança alimentar e a sustentabilidade do cultivo de trigo no Brasil.

No entanto, o país ainda depende da importação para atender à demanda interna, especialmente para variedades de trigo com maior teor de proteína (Danelli *et al.*, 2012). Esta dependência ressalta a importância de aprimorar as práticas de cultivo e expandir a produção nacional para alcançar a autossuficiência.

2.2 QUALIDADE DE SEMENTES

2.2.1 Aspectos ecofisiológicos e de rendimento na cultura do trigo

A qualidade das sementes é definida por atributos físicos, fisiológicos, sanitários e genéticos, que influenciam o vigor, a capacidade germinativa e o desenvolvimento da planta (Danelli *et al.*, 2012). Sementes de alta qualidade apresentam uniformidade no tamanho, peso e pureza, além de alta taxa de germinação e resistência a patógenos.

A presença de patógenos nas sementes de trigo é uma das principais causas de redução da qualidade, pois pode comprometer o estabelecimento inicial da planta e diminuir o potencial produtivo (Luz, 2003). Doenças como a giberela e a mancha-marrom, causadas por fungos, são comuns e difíceis de controlar, exigindo medidas preventivas eficazes. A escolha de métodos de controle biológico e químico contribui para minimizar a contaminação e preservar a qualidade fitossanitária das sementes, assegurando um desempenho superior desde o plantio até a colheita (Danelli *et al.*, 2012).

Durante o desenvolvimento do trigo, a planta atravessa distintos períodos de crescimento, cada qual com características específicas. Compreender os principais processos fisiológicos, bem como os fatores internos e externos que podem influenciar esses períodos, é crucial para otimizar o uso dos recursos ambientais e, assim, maximizar a produção de grãos (Rodrigues *et al.*, 2011).

A viabilidade de uma semente refere-se à capacidade de germinação sob condições ideais, enquanto vigor está relacionado à rapidez e uniformidade nesse processo. De acordo com Elias (2018), sementes de elevada qualidade fisiológica são mais resistentes a estresses ambientais e garantem um estabelecimento inicial

robusto, essencial para uma colheita eficaz.

O impacto dos aspectos ecofisiológicos na cultura do trigo é significativo, abrangendo desde a fenologia e germinação até o crescimento vegetativo, diferenciação e desenvolvimento da espiga, antese e enchimento de grãos. Fatores abióticos, como geadas, vernalização, temperatura, umidade e características do solo, desempenham papéis vitais nesse contexto. Além disso, elementos como reguladores vegetais, zoneamento agroclimático e a escolha adequada da época de semeadura e colheita são fundamentais para a adaptação e resiliência da cultura (Castro; Kugle, 1999; Silva, 2011).

A importância dos cuidados com o cultivo de trigo é evidenciada pela necessidade de avaliar rotineiramente a qualidade fisiológica das sementes, como destacado por Ohlson (2010). Isso é feito através do teste padrão de germinação, que, sob condições ambientais ideais, determina o potencial máximo de germinação das sementes e estabelece o limite para o desempenho do lote após a semeadura.

Além disso, os componentes de rendimento, que são variáveis importantes para determinar e explicar a produtividade (Michel, 2014). Os componentes de rendimento são variáveis críticas para determinar e explicar a produtividade do trigo. Eles incluem o número de grãos por metro quadrado, o comprimento e número de espigas, o número total de espiguetas e o peso dos grãos (Letey, 1985; Vesohoski *et al.*, 2011).

Pesquisas indicam que o número de grãos por metro quadrado, obtido através do número de grãos por espiga e espigas por área, é o componente mais relevante para determinar a produtividade. Este componente apresenta a maior correlação positiva com o rendimento de grãos, influenciado também pelo tamanho do grão (Griffiths *et al.*, 2016).

O potencial produtivo do trigo é definido como a quantidade de grão colhida quando a cultura cresce sem restrições hídricas ou nutricionais, e, sem ser afetada por pragas, doenças, plantas daninhas ou adversidades climáticas (Fischer, 2001). Os componentes básicos do rendimento de grãos são estabelecidos em dois momentos: pré-antese, que determina o número de espigas por metro quadrado, espiguetas por espiga e grãos por espigueta, e pós-antese, que define o número e o peso dos grãos (Bellido, 1991).

2.2.2 Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo

A qualidade das sementes é crucial para o sucesso agrícola, especialmente no cultivo do trigo (*Triticum aestivum L.*). A qualidade fisiológica abrange a capacidade germinativa e o vigor das sementes, influenciando o estabelecimento inicial das plantas no campo. Já a qualidade sanitária diz respeito à presença de patógenos, como fungos, bactérias e vírus, que podem comprometer germinação, desenvolvimento e produtividade (Souza *et al.* 2006).

O trigo é suscetível a doenças transmitidas por sementes, como as causadas por *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana* e *Alternaria* spp.. Esses patógenos podem iniciar infecções nas lavouras. A identificação desses contaminantes é feita através de análises fitopatológicas, incluindo testes de papel de filtro e métodos moleculares que detectam microrganismos específicos (França Neto *et al.*, 2016).

Para garantir alta qualidade fisiológica e sanitária das sementes de trigo, é essencial adotar boas práticas agrícolas. Isso inclui manejo adequado do solo, rotação de culturas e controle fitossanitário eficaz, além da seleção de plantas saudáveis para colheita. Plantas vigorosas e livres de doenças produzem sementes com melhor vigor e menor incidência de problemas sanitários (Deuner *et al.*, 2014).

Investir em estratégias que assegurem a sanidade e viabilidade das sementes, aliado a monitoramento constante por meio de análises laboratoriais, contribui para a produção de sementes de alta qualidade. Esse processo otimiza não apenas a produtividade agrícola, mas também promove a sustentabilidade no manejo das lavouras.

2.3 CONTROLE DE DOENÇAS NA CULTURA DO TRIGO

As doenças na cultura do trigo são um desafio significativo, resultando em perdas tanto na quantidade quanto na qualidade dos grãos. Patógenos afetam folhas, caules, raízes e espigas, causando danos diretos e indiretos, como a redução da área foliar fotossintética e da qualidade nutricional dos grãos. Além disso, algumas doenças levam à contaminação dos grãos com micotoxinas, comprometendo a segurança alimentar e a comercialização (Deuner *et al.*, 2014).

Doenças como giberela, causada por *Fusarium graminearum* S., e brusone, por *Magnaporthe oryzae*, são particularmente problemáticas. A giberela não só reduz a

produtividade, mas também contamina os grãos com micotoxinas como deoxinivalenol (DON), apresentando riscos à saúde humana e animal (França Neto *et al.*, 2016). A mancha-marrom e a mancha-amarela afetam principalmente as sementes, comprometendo a viabilidade e potencializando a disseminação de patógenos (Souza *et al.* 2006).

O controle dessas doenças pode ser alcançado por meio de estratégias de manejo eficazes, como o uso de fungicidas específicos, que são fundamentais no combate a doenças persistentes como a giberela e a brusone, garantindo a produção de sementes de alta qualidade. O uso racional de fungicidas é crítico para evitar resistência de patógenos e impactos ambientais adversos (Florencio *et al.*, 2022).

Assim, manter a qualidade fisiológica e sanitária das sementes de trigo e controlar doenças nas plantas são componentes essenciais para alcançar uma produção agrícola eficiente e sustentável. A integração de práticas agrícolas robustas assegura a saúde das lavouras e a produção de grãos de qualidade

2.3.1 Controle químico

O controle químico é amplamente utilizado na agricultura moderna para manejar doenças em várias culturas, incluindo o trigo. Seu objetivo é prevenir ou reduzir danos causados por patógenos, garantindo produtividade e qualidade dos grãos. Fungicidas têm se mostrado eficazes no combate a doenças como giberela, brusone e manchas foliares, protegendo as plantas nos estágios mais vulneráveis. Estudos mostram que fungicidas como triazóis e estrobilurinas são eficazes em aumentar áreas sadias, reduzir micotoxinas e melhorar a produção de grãos (Deuner *et al.*, 2014; França Neto *et al.*, 2016).

O uso de fungicidas é particularmente eficaz na giberela, que afeta a espiga do trigo. Pesquisas indicam que os princípios ativos protoconazol e tebuconazol reduzem até 70% da contaminação por Desoxinivalenol (DON) e aumentam a produtividade em até 30% (Carvalho; Nakagawa, 2012). No manejo da brusone, fungicidas aplicados em estágios críticos como pré-florescimento mostram eficácia superior a 85%, resultando em grãos de maior qualidade (Marcos Filho, 2015).

Apesar de suas vantagens, o controle químico tem limitações. O uso inadequado pode levar à resistência de patógenos, contaminação ambiental e riscos à saúde humana e animal. Além disso, o custo elevado dos produtos químicos pode

ser um obstáculo. Neste contexto, alternativas sustentáveis, como o controle biológico, destacam-se como estratégias complementares ou substitutivas, reduzindo a dependência de químicos e promovendo um manejo mais sustentável (Florencio, et al., 2022).

2.3.2 Controle biológico

O controle biológico é uma alternativa sustentável para o manejo de doenças na cultura do trigo, sendo usado como complemento ou substituto aos químicos. Ele utiliza microrganismos vivos ou seus metabólitos para reduzir a população de patógenos e minimizar danos às plantas. Além de reduzir o impacto ambiental, o controle biológico integra práticas que melhoram a saúde das lavouras e aumentam a produtividade de forma equilibrada (Deuner et al., 2014; Marin et al., 2016).

Doenças como giberela, brusone e manchas foliares são eficazmente manejadas com agentes biológicos. Microrganismos como fungos e bactérias competem com patógenos por espaço e nutrientes, produzem substâncias tóxicas e induzem resistência sistêmica. Estudos mostram que os biocontroladores podem reduzir significativamente a severidade da giberela e a produção de DON (França Neto et al., 2016).

O controle biológico oferece vantagem econômica por reduzir a necessidade de fungicidas químicos e seus custos. Além disso, preserva microrganismos benéficos no solo, promovendo um ambiente equilibrado e resiliente para o cultivo do trigo. Isso é especialmente relevante em sistemas que buscam certificações de sustentabilidade, como a agricultura orgânica (Marcos Filho, 2015).

Agentes biológicos como bactérias do gênero *Bacillus* e fungos do gênero *Trichoderma* são amplamente utilizados. *Bacillus subtilis* produz metabólitos antifúngicos e induz resistência sistêmica, enquanto *Trichoderma* parasita fungos fitopatogênicos e melhora a estrutura do solo e o desenvolvimento radicular. Esses agentes são fundamentais para sistemas agrícolas mais sustentáveis e produtivos (Florencio et al., 2014; Carvalho; Nakagawa, 2012).

2.4 MODOS DE AÇÃO DOS BIOLÓGICOS

No que tange à ação de biológicos, o gênero *Trichoderma* é amplamente

reconhecido pela sua importância no controle biológico de doenças de plantas, contribuindo significativamente para a agricultura sustentável. Esses fungos saprófitas, que habitam naturalmente o solo, são eficazes na promoção do crescimento vegetal e na melhoria da saúde das plantas. *Trichoderma* atua, principalmente, por meio de competição por espaço e nutrientes, produção de compostos antifúngicos e parasitismo direto de fungos patogênicos (Harman *et al.*, 2004).

Entre os mecanismos de ação de ação de *Trichoderma* está a produção de enzimas hidrolíticas, como quitinases e glucanases, que destroem as paredes celulares de fungos fitopatogênicos. Além disso, o agente biológico também pode liberar metabólitos secundários com propriedades antifúngicas, como compostos voláteis e antibióticos, que inibem patógenos como *Fusarium graminearum*, *Rhizoctonia solani* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Estudos destacam a eficácia do *Trichoderma* na redução de doenças como a giberela (*F. graminearum*) em trigo, pela diminuição da severidade da doença e da produção de micotoxinas como o deoxinivalenol (DON) (Howell, 2003).

Além das propriedades antifúngicas, *Trichoderma* promove o crescimento das plantas através da produção de fitohormônios e da indução de resistência sistêmica. Isso torna as plantas mais resistentes a estresses, resultando em maior vigor e produtividade. No trigo, há registros de aumento na produtividade e na qualidade dos grãos quando o tratamento com *Trichoderma* é usado junto a práticas agrícolas convencionais (Botelho; Monteiro, 2011).

No manejo integrado de doenças, *Trichoderma* melhora a saúde do solo, promovendo a agregação do solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes e estimulando outros microrganismos benéficos. Assim, contribui para sistemas agrícolas mais equilibrados e sustentáveis, sendo essencial em culturas que exigem altos padrões de qualidade sanitária e fisiológica (Harman *et al.*, 2004; Botelho; Monteiro, 2011).

O *Trichoderma harzianum* é um fungo especialmente estudado no controle biológico de doenças de plantas por seus múltiplos modos de ação contra patógenos (Danelli *et al.*, 2012). Destaca-se pela produção de compostos antifúngicos e enzimas líticas como quitinases, proteases, e glucanases, que degradam as paredes celulares dos fungos patogênicos, impedindo seu desenvolvimento (Cohen-Kupiec *et al.*, 1999).

Esse fungo utiliza o micoparasitismo, colonizando o espaço dos patógenos,

inibindo seu crescimento e protegendo a planta de infecções (Barros *et al.*, 2006). Além de sua eficácia no combate direto aos patógenos, o *T. harzianum* promove a sustentabilidade agrícola ao oferecer uma alternativa aos métodos químicos tradicionais, favorecendo um manejo mais ecológico e seguro para o meio ambiente.

O gênero *Bacillus*, também considerado neste trabalho, é amplamente utilizado na agricultura como agente de controle biológico, devido à sua eficácia contra fitopatógenos e na promoção do crescimento das plantas. Classificado como uma bactéria gram-positiva e formadoras de esporos, *Bacillus* são altamente resistentes a condições adversas, tornando-os ideais para uso em sistemas agrícolas. Espécies como *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus pumilus* são notáveis no controle de doenças fúngicas, bacterianas e virais em diversas culturas, incluindo o trigo (Chen *et al.*, 2004).

Bactérias do gênero *Bacillus* combatem patógenos através de metabólitos secundários com propriedades antimicrobianas, como lipopeptídeos e antibióticos, que interferem nos processos vitais dos microrganismos. Também induzem resistência sistêmica nas plantas, fortalecendo suas defesas naturais (Chen *et al.*, 2009). No cultivo de trigo, o uso de *B. subtilis* se mostrou eficaz no controle da giberela e da septoriose, reduzindo a severidade das doenças e a produção de micotoxinas, melhorando a qualidade da colheita (Corrêa *et al.*, 2019).

Além disso, *Bacillus* promove o crescimento vegetal através da produção de fitormônios e da solubilização de nutrientes, como fósforo, auxiliando o desenvolvimento em solos de baixa fertilidade. Apesar das limitações ambientais para sua eficácia, avanços como o encapsulamento e formulações líquidas têm superado esses desafios, consolidando seu papel no manejo integrado de doenças (Schisler *et al.*, 2004).

Nesse contexto, a bactéria *Bacillus amyloliquefaciens* é amplamente reconhecida na agricultura por combater fungos patogênicos e promover o crescimento das plantas (Luz, 2003). Ela secreta lipopeptídeos como surfactina, iturina e fengicina, que possuem propriedades antifúngicas robustas, inibindo o crescimento de microrganismos prejudiciais e protegendo sementes e plantas (Barros *et al.*, 2006).

Além de sua ação antifúngica, *B. amyloliquefaciens* contribui para o desenvolvimento vegetal através da produção de fitormônios e da solubilização de fosfatos, melhorando a disponibilidade de nutrientes e estimulando o crescimento

radicular. Assim, não apenas protege as plantas de doenças, mas também cria um ambiente mais nutritivo para um desenvolvimento saudável e vigoroso (Danelli *et al.*, 2012).

2.5 CONTROLE BIOLÓGICO

2.5.1 Evolução dos tratamentos biológicos

Inicialmente, o controle biológico era pouco difundido e muitas vezes restrito a estudos experimentais, mas o avanço na pesquisa de microrganismos e a demanda crescente por práticas agrícolas sustentáveis impulsionaram sua popularização e aprimoramento (Parra, 2002). Ao longo das décadas, diversos agentes biológicos, incluindo fungos, bactérias e vírus específicos, foram estudados e aplicados em culturas como o trigo, visando o controle eficaz de patógenos que atacam as sementes e plantas (Danelli *et al.*, 2012). Esse desenvolvimento tornou o controle biológico uma abordagem central no manejo integrado de pragas e doenças, com impacto positivo tanto na saúde das plantas quanto na redução do uso de produtos químicos (Luz 2003).

A seleção de cepas específicas de microrganismos é um aspecto fundamental no controle biológico, pois cada cepa possui características distintas que influenciam sua eficácia contra patógenos de plantas (Epamig, 2023). Estudos indicam que cepas de fungos como *Trichoderma* spp. e bactérias como *Bacillus* spp. são especialmente promissoras para o controle de doenças em sementes de trigo, devido à sua capacidade de inibir o crescimento de patógenos e estimular a resistência das plantas (Luz 2003).

Nos últimos anos, o uso de biopesticidas no Brasil cresceu significativamente, com uma taxa de crescimento anual de 45%, comparada aos 6% dos agrotóxicos convencionais e em 2022, 70 milhões de hectares foram tratados com controle biológico, destacando a facilidade e o custo-benefício desses produtos (Embrapa, 2023). Esse aumento reflete a busca por práticas agrícolas mais sustentáveis e é apoiado por eventos que promovem o controle biológico como uma ciência essencial para a agricultura.

O número de produtos biológicos registrados no Brasil aumentou de 26 em 2011 para 616 em 2023, impulsionado por novas regulamentações do Ministério da

Agricultura e Pecuária (Mapa). O gênero *Trichoderma*, um agente biológico versátil, tem sido fundamental nesse crescimento devido à sua eficácia no controle de fitopatógenos do solo (Embrapa, 2023). Essa mudança destaca a tendência crescente de integrar soluções biológicas na agricultura para enfrentar desafios fitossanitários de forma sustentável.

2.5.2 Manejo de biológicos

O uso de agentes biológicos no manejo de sementes de trigo oferece uma série de benefícios, destacando-se a redução dos impactos ambientais e a segurança para os trabalhadores agrícolas (Luz, 2003). Ao contrário dos produtos químicos convencionais, os tratamentos biológicos preservam os ecossistemas agrícolas, pois não interferem diretamente na biodiversidade do solo e das plantas. Essa abordagem mais sustentável é crucial para manter a saúde do ambiente agrícola a longo prazo.

Além da preservação ambiental, os agentes biológicos contribuem significativamente para a melhoria da qualidade das plantas e o aumento da produtividade. Isso ocorre porque eles estimulam respostas imunológicas nas culturas, tornando-as mais resistentes a doenças e pragas (Danelli *et al.*, 2012). Essa resistência natural pode levar a uma redução na necessidade de intervenções químicas, promovendo um ciclo agrícola mais saudável e produtivo.

Apesar das vantagens claras, o uso de controle biológico requer cuidados específicos para evitar interações negativas com outros produtos, como fungicidas químicos. Esses fungicidas podem inibir a ação dos agentes biológicos, comprometendo sua eficácia (Epamig, 2023). Por exemplo, o uso inadequado de fungicidas ao aplicar uma cepa fúngica pode eliminar o agente benéfico antes que ele atue sobre o patógeno-alvo, anulando os benefícios do tratamento biológico.

Portanto, é essencial que o manejo biológico seja planejado de maneira integrada. Isso inclui considerar as compatibilidades entre os produtos utilizados e respeitar as recomendações de aplicação para otimizar os resultados (Luz, 2003). Um planejamento cuidadoso garante que os agentes biológicos possam desempenhar seu papel de forma eficaz, maximizando os benefícios para a cultura e minimizando quaisquer riscos potenciais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

Realizou-se a coleta do material de pesquisa na Granja Vieira do proprietário Rodinei Vieira, interior de São Luiz Gonzaga (RS), Latitude -28.530019° e Longitude -54.841533° (Figura 1). Na área, o produtor, em parceria com a empresa Bioagreen®, manejou diferentes parcelas utilizando esquemas de aplicação de produtos biológicos em plantas de trigo da variedade ORS Turbo, utilizando sementes certificadas para implantação. Destaca-se ainda que, a campo, todas as parcelas receberam o tratamento padrão do produtor (com aplicações de produtos químicos) e os tratamentos adicionais com o uso de bioprodutos, os quais fazem parte do presente trabalho, estes aplicados de forma separada em aplicação manual.

Figura 1 - Local da coleta das amostras de trigo de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024



Fonte: Google Earth Pro (2024).

Quando as plantas atingiram a maturação para colheita, foram coletadas espigas, em pontos aleatórios, em parcelas com os seguintes tratamentos: *Trichoderma harzianum* na inoculação das sementes; *Bacillus amyloliquefaciens* na inoculação das sementes; *T. harzianum* na inoculação + *B. amyloliquefaciens* no tratamento aéreo; *B. amyloliquefaciens* na inoculação + *B. amyloliquefaciens* no tratamento aéreo além de uma testemunha onde não foi usado nenhum tratamento

biológico.

3.2 PREPARO DAS AMOSTRAS

No laboratório as espigas de trigo de cada tratamento foram debulhadas manualmente, separadas das partículas maiores de impurezas e novamente colocadas em sacos de papel, devidamente identificados. Após isso deu-se início a realização dos testes.

Todas as avaliações foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia, da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), no município de Cerro Largo, RS. O delineamento utilizado, nos testes em laboratório, foi inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e 5 repetições, totalizando 25 unidades experimentais.

3.3 TESTE DE GERMINAÇÃO

O teste de germinação foi realizado utilizando papeis Germitest, com as sementes acondicionadas em uma câmara de crescimento (BOD) a 20 °C.

Para o teste de germinação, utilizou-se três folhas de papel Germitest por repetição, totalizando 15 folhas por tratamento. As folhas foram umedecidas com água o equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. Para compor cada repetição foram utilizadas 50 sementes de cada tratamento, as quais foram dispostas sobre duas folhas de papel Germitest, sendo então cobertas por uma terceira folha de papel, formando um rolo (Figura 2) (Alexandre, 2006; BRASIL, 2009).

Figura 2 - Sementes de trigo alocadas em rolo de papel Germitest com zero e oito dias em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

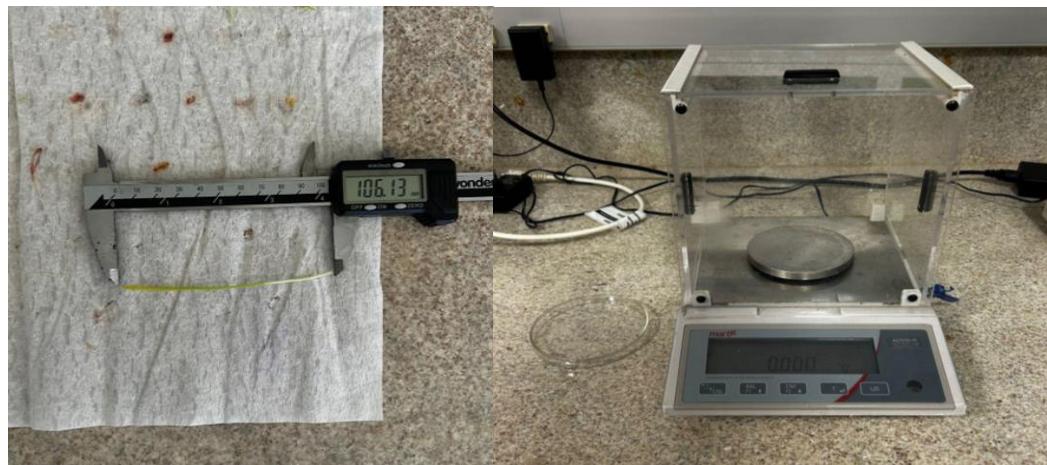
As cinco repetições (rolos) de cada tratamento foram colocadas em um saco plástico, os quais foram mantidos em uma câmara de germinação (BOD) a 25 °C. O acompanhamento das sementes germinadas foi realizado diariamente, durante 8 dias após a instalação do experimento (BRASIL, 2009), sendo realizada análise aos 5 dias. Nessas avaliações, foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram projeção radicular equivalente a 2 mm. As variáveis calculadas foram as seguintes:

Germinação (G): Esta foi calculada usando a fórmula $G = (N/100) \times 100$, onde N representa o número de sementes germinadas ao final do teste. A unidade de medida é em porcentagem (%) (BRASIL, 1992).

Índice de Velocidade de Germinação (IVG): Este índice foi determinado pela fórmula $IVG = \sum (ni/ti)$, onde ni é o número de sementes que germinaram no tempo 'i', ti é o tempo decorrido desde o início do teste, variando de $i = 1$ a 8 dias. A unidade é adimensional (Maguire, 1962).

Ao final do teste de germinação, procedeu-se à separação das partes aéreas e radiculares das plântulas germinadas. As medidas dessas partes foram realizadas utilizando um paquímetro digital, conforme ilustrado na Figura 3. Com as partes aéreas e radiculares já medidas, estas foram agrupadas por tratamento e colocadas em sacos de papel. Esses sacos foram então transferidos para uma câmara de circulação de ar forçado e mantidos a uma temperatura de 50 °C por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas em uma balança de precisão (BRASIL, 2009).

Figura 3 - Paquímetro digital e balança de precisão utilizados para avaliação do experimento em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.4 PATOLOGIA DE SEMENTES

Utilizaram-se caixas Gerbox, previamente desinfestadas com hipoclorito de sódio. Dentro de cada caixa foram dispostas duas folhas de papel Germitest, as quais foram umedecidas. Sobre o papel, foram distribuídas 25 sementes por repetição (Figura 4). As caixas foram incubadas em BOD a 25°C por um período de 7 dias (BRASIL, 2009).

Para a avaliação dos patógenos presentes nas sementes, utilizou-se, primeiramente, um microscópio estereoscópico (lupa). Em casos onde não se conseguia identificar a estrutura dos fungos com esse equipamento eram confeccionadas lâminas. Para isso foi utilizada uma fita adesiva transparente, que permitiu a coleta do fungo presente em cada uma das sementes, e, com o auxílio do corante azul de metileno, foi possível confeccionar lâminas para identificar cada um dos fungos em microscópio ótico.

Figura 4 - Distribuição das sementes dentro de caixas Gerbox, obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi conduzida utilizando o software SISVAR, com o objetivo de identificar variações significativas entre os diferentes tratamentos aplicados. Para isso, foi empregada a análise de variância (ANOVA), que é adequada para determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre eles.

Após a realização da ANOVA, caso houvesse diferença significativa, as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, adotando um nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises de germinação das sementes de trigo indicaram diferenças significativas entre os tratamentos biológicos aplicados à campo, nas plantas, na avaliação realizada no quinto dia (Tabela 1). O tratamento testemunha se destacou, não diferindo significativamente da maioria dos tratamentos.

Tabela 1 - Germinação de sementes no 5º dia, obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	Germinação (%)
Testemunha	52,80 a*
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	40,00 a b
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	35,60 a b
<i>B. amyloliquefaciens</i> sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	38,40 a b
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	35,20 b
CV (%)	22,52

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade
CV= Coeficiente de variação

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Autores como Marquez *et al.* (2021), sugerem que combinações de agentes biológicos podem melhorar o desenvolvimento inicial. Porém, em tratamentos com microorganismos isolados ou associados podem ocorrer efeitos negativos. Há distintas formas de interação nos microrganismos inoculados às sementes. Na antibiose, por exemplo, uma espécie afeta o desenvolvimento da outra por meio do desencadeamento de substâncias no ambiente. Já a competição envolve a luta por um fator limitante, como espaço ou mesmo alimento. No parasitismo, um microrganismo parasita o outro, sendo uma interação fisiológica íntima entre populações (Michereff; Barros, 2001). Além disso, a introdução de agentes biológicos pode modificar o equilíbrio microbiano existente no solo: alguns microrganismos prejudicam as plantas ao alterar o fornecimento de nutrientes ou outros aspectos do solo (Marschner, 2012; Glick, 2012).

Na Tabela 2, referente a germinação no 8º dia, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Numericamente, é possível notar que a

testemunha, que não recebeu tratamento biológico, teve o maior índice de germinação, com 74,8%. Este resultado corrobora com Sarzi (2019), que destaca que o uso de tratamentos biológicos nem sempre pode superar a eficiência natural.

Assim, o uso de tratamentos biológicos combinado com os químicos utilizados pelo produtor, ainda que não seja significativamente superior em termos de germinação, oferece uma linha promissora de pesquisa. Ajustes nas formulações, doses ou condições podem maximizar os benefícios (Lazarotto *et al.*, 2013 Chaudhary *et al.* 2013).

Tabela 2 - Germinação de sementes no 8º dia, obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	Germinação (%)
Testemunha	74,80 ^{n.s.}
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	72,00
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	69,60
<i>B. amyloliquefaciens</i> sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	69,20
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	66,00
CV (%)	7,45

n.s.= não significativo

CV= Coeficiente de variação

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

No que tange ao Índice de velocidade de germinação (IVG), o tratamento testemunha se destacou, não diferindo significativamente da maioria dos tratamentos, com excessão do tratamento onde se utilizou inoculação de sementes com *T. harzianum* + *B. amyloliquefaciens* em aplicação aérea, que reduziu significativamente essa variável (Tabela 3).

Tabela 3 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	Médias
Testemunha	27,46 a*
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	23,34 a b
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	21,26 a b
<i>B. amyloliquefaciens</i> sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	20,71 a b
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	19,20 b
CV (%)	15,29

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV= Coeficiente de variação

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os tratamentos isolados, como a Inoculação de sementes com *B. amyloliquefaciens* e a Inoculação de sementes com *T. harzianum*, formaram um grupo intermediário (Tabela 3). Estes, embora não se diferenciem estatisticamente da testemunha, numericamente, são superiores às combinações, sugerindo que as inoculações individuais podem manter um nível de vigor um pouco mais elevado.

Os resultados das análises estatísticas para o crescimento radicular, demonstram que a Inoculação de sementes com *B. amyloliquefaciens* + *B. amyloliquefaciens* em aplicação aérea promoveu o maior desenvolvimento das raízes, sem diferir significativamente da maioria dos tratamentos, com exceção do tratamento com Inoculação de sementes com *B. amyloliquefaciens* (Tabela 4).

Tabela 4 – Comprimento do sistema radicular de plântulas (mm), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	Comprimento
Testemunha	55,30 a*
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	40,46 b
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	49,98 a b
<i>B. amyloliquefaciens</i> sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	61,24 a
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	56,39 a
CV (%)	12,07

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV= Coeficiente de variação

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em relação ao crescimento radicular e da parte aérea (Tabela 5), os tratamentos que incluíram *B. amyloliquefaciens* destacaram-se. Estudos de Marquez *et al.* (2021) enfatizam que combinações com esse bioagente, melhoram a disponibilidade de nutrientes e a resistência ao estresse, gerando sementes de melhor qualidade. No entanto, a eficácia não foi tão pronunciada, alinhando-se com as observações de Almeida *et al.* (2014) sobre a variação dos impactos dos biológicos dependendo das condições específicas de condução do experimento.

A proximidade numérica dos resultados obtidos no tratamento sem aplicação de bioagentes (testemunha) com alguns dos tratamentos sugere que as condições naturais favoreceram o vigor inerente das sementes colhidas, desempenhando papel importante, o que corrobora, por exemplo, com constatações de Carvalho e Nakagawa (2012). Nesse sentido, há a necessidade de estudos adicionais para identificar condições ideais que potencializem a eficácia dos tratamentos, além de identificar os efeitos do armazenamento dessas sementes.

Tabela 5 – Altura da parte aérea de plântulas (mm), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	Comprimento
Testemunha	40,18 a*
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	34,27 a b
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	32,20 a b
<i>B. amyloliquefaciens</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	44,99 a b
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	37,64 b
CV (%)	15,87

*Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

CV= Coeficiente de variação

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os dados apresentados nas Tabelas 6 e 7 indicam que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos em relação ao peso médio da parte aérea e das radículas de plântulas cujas sementes/plantas que deram origem foram submetidas a diferentes tratamentos biológicos.

Tabela 6 – Massa seca da parte aérea de plântulas (MSA) (em gramas), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	MSA (g)
Testemunha	0,115 ^{n.s}
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	0,095
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	0,089
<i>B. amyloliquefaciens</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	0,119
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	0,093
CV (%)	19,04

n.s.= não significativo

CV= Coeficiente de variação

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Na Tabela 6, referente ao peso seco da parte aérea, o tratamento com *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo apresentou o maior peso médio, numericamente superior aos demais tratamentos.

Esses resultados sugerem que os tratamentos biológicos testados não

puderam agregar significativamente o peso da parte aérea ou das radículas de trigo. Considerando as informações apresentadas, possivelmente isso se deve à resistência natural das sementes e à sua capacidade de crescer independentemente das intervenções. Também se pontua que a incidência de patógenos como *Alternaria* sp. e *Fusarium* sp. pode prejudicar a germinação (Lima; Batista; Santos, 1997; Machado, 2010), aspecto apresentado posteriormente (Gráfico 1).

Tabela 7 - Massa seca da parte radicular de plântulas (MSR) (em gramas), cujas sementes foram obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavouras em São Luiz Gonzaga, RS, 2024

Tratamento	MSR (g)
Testemunha	0,138 ^{n.s}
Inoculação de sementes com <i>B. amyloliquefaciens</i>	0,105
Inoculação de sementes com <i>T. harzianum</i>	0,106
<i>B. amyloliquefaciens</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	0,129
<i>T. harzianum</i> nas sementes + <i>B. amyloliquefaciens</i> aéreo	0,144
CV (%)	15,65

n.s.= não significativo

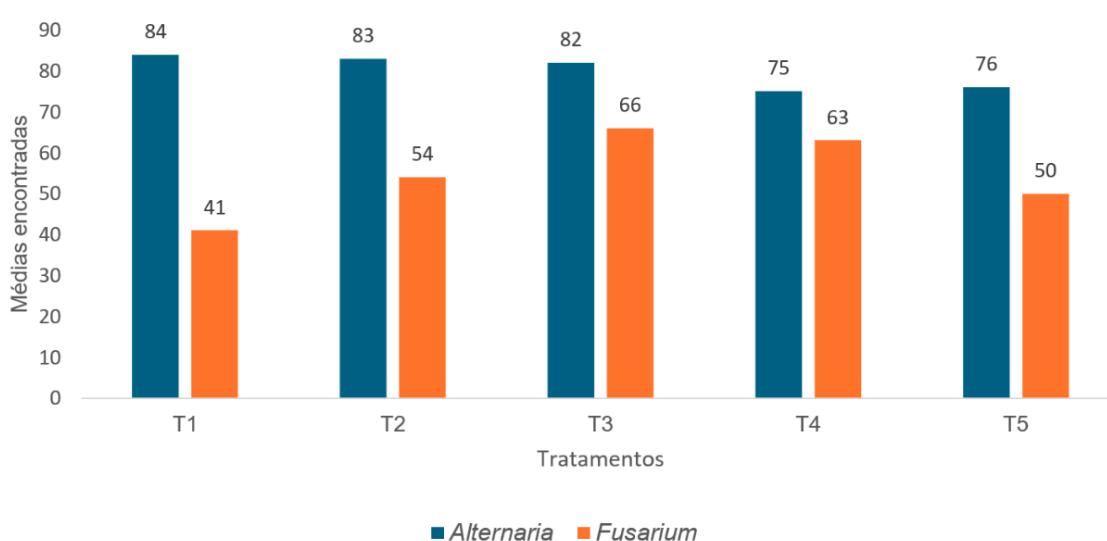
CV= Coeficiente de variação

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Para as análises de patologia das sementes, os resultados apresentados no Gráfico 1 mostram a incidência dos fungos *Alternaria* sp. e *Fusarium* sp. que foram os fitopatógenos mais presentes na análise de qualidade sanitária das sementes. A análise comparativa entre os diferentes tratamentos revelou padrões distintos na presença desses microrganismos, indicando variações nos níveis de contaminação (Gráfico 1 e 2).

Para *Alternaria* sp., a maior ocorrência foi observada no tratamento testemunha, com reduções pronunciadas nos tratamentos que envolveram a combinação de agentes de biocontrole (Gráfico 1). Com relação a *Fusarium* sp., o tratamento com a inoculação de *T. harzianum* apresentou a maior incidência desse patógeno, seguido pelo tratamento que utilizou *T. harzianum* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo.

Gráfico 1 - Incidência de *Alternaria* sp. e *Fusarium* sp. em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024



T1 = Testemunha

T2 = Inoculação de sementes com *B. amyloliquefaciens*

T3 = Inoculação de sementes com *T. harzianum*

T4 = *T. harzianum* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo

T5 = *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

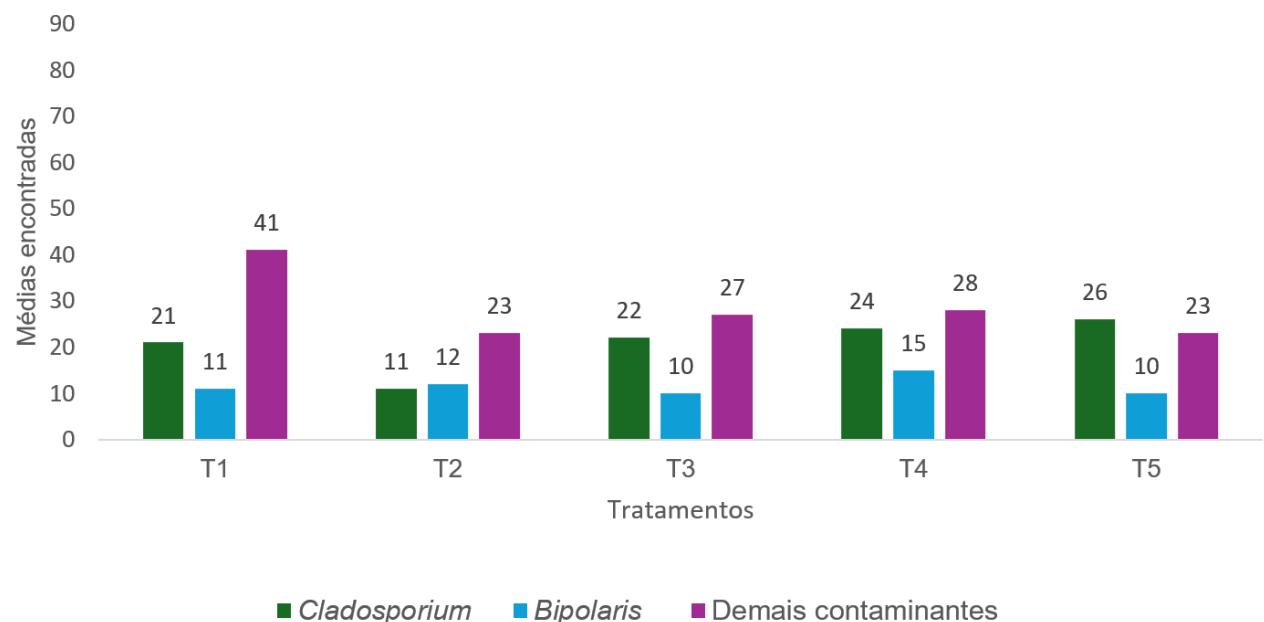
No que tange à sanidade das sementes, os tratamentos biológicos reduziram a presença de *Alternaria* sp., embora com eficácia variável. Bettoli *et al.* (2005) e Bashan e de-Bashan (2010) indicam a importância de considerar interações microbianas e condições ambientais, o que foi evidenciado nos tratamentos que mais eficazmente controlaram a presença de patógenos como *F. graminearum*.

A análise do Gráfico 2 demonstra variações entre os tratamentos quanto à frequência dos fungos *Cladosporium* sp., *Bipolaris* sp. e um conjunto de outros contaminantes agrupados na categoria "demais contaminantes" (*Nigrospora* sp., *Curvularia* sp. e *Drechslera* sp.). Foi possível observar que, no tratamento testemunha, a incidência desses patógenos foi alta, superando alguns tratamentos biológicos.

Para *Cladosporium* spp., a maior incidência foi observada no tratamento *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo, chegando a 26 vezes, superando a testemunha (Gráfico 2). Em relação a *Bipolaris* sp., não houve diferenças numéricas relevantes entre os tratamentos, onde a maior incidência foi observada no tratamento *T. harzianum* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo obtendo-se 15

incidências, enquanto o menor foi nos tratamentos utilizando a inoculação de sementes com *T. harzianum* e *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo, ambos com 10 incidências. A testemunha apresentou 11 incidências, indicando uma eficácia limitada dos tratamentos biológicos no controle desse patógeno. Conforme Lucon (2014), o uso de *Bacillus* e *Trichoderma* pode ser melhorado quando combinado com práticas de manejo integrado, o que está alinhado com a necessidade de estratégias complementares, como aumento da diversidade de plantas; modificação de fatores ambientais, como pH (potencial Hidrogeniônico), umidade, e temperatura; e acréscimo de fontes de alimentos suplementares. Melo (2002) propõe estratégias que envolvem o uso de hormônios vegetais como a giberelina, que estimula a germinação.

Gráfico 2 – Incidência de *Cladosporium* sp., *Bipolaris* sp. e demais contaminantes em sementes obtidas de plantas submetidas a diferentes tratamentos biológicos em lavoura em São Luiz Gonzaga, RS, 2024



T1 = Testemunha
 T2 = Inoculação de sementes com *B. amyloliquefaciens*
 T3 = Inoculação de sementes com *T. harzianum*
 T4 = *T. harzianum* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo
 T5 = *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na categoria de "demais contaminantes" (*Nigrospora* sp., *Curvularia* sp. e

Drechslera sp.), do Gráfico 2, o tratamento testemunha apresentou a maior incidência, com 41 encontros. Em contrapartida, os tratamentos biológicos demonstraram redução significativa dessa categoria, onde os tratamentos utilizando a Inoculação de sementes com *B. amyloliquefaciens* e *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo apresentaram as menores incidências, com 23 incidências.

De forma geral, os resultados apontam que os tratamentos biológicos tiveram efeitos variáveis dependendo do tipo de fungo analisado. A redução de "demais contaminantes" é um ponto positivo, enquanto a manutenção ou aumento de *Cladosporium* sp. em alguns tratamentos destaca a necessidade de ajustes nas estratégias biológicas. Finalmente, a eficácia dos agentes biológicos destaca-se em aspectos como o desenvolvimento radicular e a redução de contaminantes, que são indispensáveis para a atenuação de problemas fitossanitários

Nesse contexto, a adoção de biocontroladores não só melhora a qualidade sanitária das sementes, mas também contribui para a sustentabilidade da produção agrícola (SILVA *et al.*, 2020; CRUZ *et al.*, 2020), embora seja evidente que ajustes e mais investigações são necessários para otimizar plenamente essas práticas. Os resultados sugerem que tratamentos biológicos, apesar de não superarem a testemunha em todas as variáveis, oferecem caminhos promissores para pesquisa futura, especialmente em ajustes nas formulações ou condições de aplicação para maximizar os benefícios, como demonstrado nos dados de crescimento radicular e da parte aérea.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo compreender como diferentes métodos de manejo biológico, aplicados na semente/planta, influenciam a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de trigo. Nesse âmbito, foram considerados os seguintes tratamentos: *Trichoderma harzianum* na inoculação das sementes; *Bacillus amyloliquefaciens* na Inoculação das sementes; *T. harzianum* na inoculação + *B. amyloliquefaciens* no tratamento aéreo; *B. amyloliquefaciens* na inoculação + *B. amyloliquefaciens* no tratamento aéreo, além de ser considerada uma testemunha, sem adoção de tratamento.

Os resultados obtidos permitiram identificar que a testemunha demonstrou maior germinação no 5º dia, apesar de que, estatisticamente, se mostrou equivalente aos demais tratamentos, exceto em relação ao tratamento de *T. harzianum* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo.

A germinação final e o IVG das sementes de *Triticum aestivum* não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. A inoculação de *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo demonstrou um efeito consistente no estímulo ao crescimento da parte aérea, embora estatisticamente não tenha superado a germinação natural das sementes na testemunha. Ademais, foi identificado que os tratamentos não evidenciaram efeito satisfatório no controle do fungo *Fusarium* sp.

Os tratamentos *B. amyloliquefaciens* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo e de *T. harzianum* nas sementes + *B. amyloliquefaciens* aéreo mostraram-se capazes de reduzir a presença do fungo *Alternaria* sp. A testemunha demonstrou menor incidência dos fungos contaminantes. Observou-se, também, que os tratamentos com o uso de biológicos apresentaram efeito positivo na redução dos demais contaminantes. Nesse sentido, o uso de tratamentos biológicos, especialmente em combinações, oferece um caminho promissor para melhorar a qualidade sanitária das sementes de trigo.

6 REFERÊNCIAS

ABITRIGO - Associação Brasileira de Indústrias do Trigo. **História do Trigo**. Disponível em: <https://www.abitrgo.com.br/conhecimento/historia-do-trigo/>. Acesso em: 26 de outubro. 2024.

ALEXANDRE, R. S. **Fatores de estresse na germinação de sementes e na propagação *in vitro* de *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener**. 2006, 166 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

ALMEIDA, A. da S. *et al.* Physiological performance of common bean seeds treated with bioactivator with and without moisture restriction. **American Journal of Plant Sciences**, 2014, v. 5, n. 26, 3769-3776 Published Online, December 2014.

ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 74, n. 1-3, p. 19-31, jun. 1999.

BARROS, B. de C.; CASTRO, J. L. de; PATRÍCIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 239-246, set. 2006.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the Plant Growth-Promoting Bacterium Azospirillum Promotes Plant Growth—A Critical Assessment. **Advances In Agronomy**, p. 77-136, 2010.

BELLIDO, L.F. **Cultivos Herbaceos** - Cereales. Madrid: Mundi-Prensa, p.539 1991.

BETTIOL, W.; GUINI, R. Solos supressivos. cap 6. In: MICHEREFF, S. J., ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.) **Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais**. 2005. Recife, UFRPE. Disponível em: <https://ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Michereff-et-al.-2005.pdf>. Acesso em 22 nov. de 2024.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRUM, A. L.; HECK, C. R. **A economia do trigo no Rio Grande do Sul**: Breve histórico do cereal na economia do estado. p. 29–44, 2005.

BOTELHO, A. A. A.; MONTEIRO, A. C. Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 361-369, 2011.

CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. (ed.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep. 590 p. 2012

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais**. Barueri: NBL Editora, 1999.

CHAUDHARY, D. *et al.* Plant growth stimulation of wheat (*Triticum aestivum L.*) by inoculation of salinity tolerant Azotobacter strains. **Physiology And Molecular Biology Of Plants**, v. 19, n. 4, p. 515-519, 3 set. 2013.

CHEN, K.-L. *et al.* Effects of *Bacillus subtilis* var. *natto* and *Saccharomyces cerevisiae* mixed fermented feed on the enhanced growth performance of broilers. **Poultry Science**, v. 88, n. 2, p. 309-315, fev. 2009.

COHEN-KUPIEC, R. *et al.* Molecular characterization of a novel beta-1,3-exoglucanase related to mycoparasitism of *Trichoderma harzianum*. **Gene**, v.226, n.2, p.147-154, 1999.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal**: Trigo. Brasília, Outubro, 2024.

CRUZ, J. M. F. D. L. *et al.* Microbiolization of organic cotton seeds with *Trichoderma* sp. and *Saccharomyces cerevisiae*. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

DANELLI, A.D.; VIANA, E.; FIALLLOS, F.G.. Fungos patogênicos detectados em sementes de trigo de ciclo precoce e médio, produzidas em três lugares do Rio Grande do Sul, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, v. 3, n. 1, p. 67-74, 2012

DE MORI, C. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização. In BORÉM, Aluízo; SCHEREEN, Pedro Luiz (ed). **Trigo do Plantio a Colheita**. Viçosa: Ufv, 2015. Cap 1. p. 11- 12.

DEUNER, C.; ROSA, K.C.; MENEGHELLO, G.E.; BORGES, C.T.; ALMEIDA, A. da S.; BOHN, A. Physiological performance during storage of corn seed treated with insecticides and fungicide. **Journal of Seed Science**, v.36, p.204-212, 2014. DOI: 10.1590/2317-1545v32n2928.

ELIAS, S. G. The Importance of Using High Quality Seeds in Agriculture Systems. **Agricultural Research & Technology**: Open Access Journal, v. 15, n. 4, p. 0-7, 25 abr. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Desempenho de cultivares de trigo**: Ensaio estadual de cultivares de trigo. Embrapa Trigo, 2019.

EMBRAPA; TORDIN, Cristina. Pesticidas biológicos cresceram 45% no Brasil nos últimos cinco anos, 2019. Embrapa. **Meio Ambiente**: Pesticidas biológicos cresceram 45% no Brasil nos últimos cinco anos. 2023. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/87248594/biopesticidas-biologicos-cresceram-45-no-brasil-nos-ultimos-cinco-anos?p_auth=h4ifyum5. Acesso em: 26 out. 2024.

EPAMIG. **Controle Biológico de Pragas, Doenças e Plantas Invasoras**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2023.

FISCHER, R. A. Selection traits for improving yield potential. **Application of Physiology in Wheat Breeding**, México, p.148-159, 2001.

FINCH-SAVAGE, W.E.; BASSEL, G.W. Seed vigour and crop establishment: extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, p. 567-591. 2016

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PÁDUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.380).

FLORENCIO, C. *et al.* Avanços na produção e formulação de inoculantes microbianos visando uma agricultura mais sustentável. **Química Nova**, v. 45, n. 9, p. 1133–1145, set. 2022.

GLICK, B. R. Plant Growth-Promoting Bacteria: mechanisms and applications. **Scientifica**, v. 2012, p. 1-15, 2012.

GRIFFITHS, C. A. *et al.* Chemical intervention in plant sugar signalling increases yield and resilience. **Nature**, v.540, n.7634, p. 574, 2016.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A., CHET, I.; LORITO, M. Trichoderma species-opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature reviews microbiology**, v.2, n.1, 43-56. 2004.

HOWELL, C. R. **Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases**: The History and Evolution of Current Concepts. **Plant disease**, 87, 4-10. 2003.

LAZAROTTO, M. *et al.* Tratamento de sementes de canafistula via calor úmido. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p.268-273. 2013. Disponível em: <https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/795>. Acesso em: 1 dez. 2024.

LETEY, J. Relationship between soil physical conditions and crop production. **Soil Science**, New York: v.1, p.277- 293, 1985.

LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; SANTOS, J. W. dos. Fungos causadores de tombamento transportados e transmitidos pela semente da mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 9, p. 915-918, set. 1997. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4740>. Acesso em: 01 dez. 2024.

LUCON, C. M. M.; CHAVES, A. L. R.; BACILIERI, S. ***Trichoderma***: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura. 2014. São Paulo. Instituto biológico. 28 p. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/cartilhas/trichoderma.pdf>. Acesso em 22 de nov. de 2024.

LUZ, W.C. Avaliação dos tratamentos biológico e químico na redução de patógenos em semente de trigo. **Fitopatologia brasileira**, v. 28, p. 093-095 Jan 2003.

MACHADO, J. C. Benefícios da sanidade na qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 3, p.18-19, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation of seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. **Revista de Política Agrícola**. Brasília, DF : Ministério da Agricultura e Pecuária, Secretaria de Política Agrícola, revista trimestral. Ano XXXII, n. 3. Jul./Ago./Set. 2023. Disponível em:
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/revista-de-politica-agricola>. Acesso em 10 de novembro. 2024.

MARSCHNER, P. (ed.). **Nutrition of Higher Plants**. 3. ed. United States of America: Academic Press, Elsevier, 2012. 651 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates. 659 p. 2015.

MARIN, M. S. et al. Potencial de micro-organismos rizosféricos no controle do fitopatógeno *Magnaporthe grisea* "in vitro".
 In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIIC, 10., 2016, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1062583>. Acesso em: 01 dez. 2024.

MARQUEZ, N.; GIACHERO, M. L.; DECLERCK, S.; DUCASSE, D. A. *Macrophomina phaseolina*: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control. **Frontiers in Plant Sciencia**. v. 12:634397. 2021. Disponível em:
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>. Acesso em 22 de nov. 2024.

MELO, N. F. Introdução aos hormônios e reguladores de crescimento vegetal.
 In: SEMINÁRIO CODA DE NUTRIÇÃO VEGETAL, 1., 2002, Petrolina. **Anais [...]**. Petrolina: CODA, 2002. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/135451>. Acesso em: 01 dez. 2024.

MICHEL, A. **Formação de estruturas androgenéticas por cultura de anteras de trigo em 37 função de doses de nitrogênio e boro aplicadas às plantas doadoras**. 2014, 107 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências, Escola Superior de Agricultura —Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2014.

MICHEREFF, S. J.; BARROS, R. (ed.). **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: Ufrpe, Imprensa Universitária, 2001. 368 p.

MUNDSTOCK, C. M. **Planejamento e Manejo Integrado da Lavoura de Trigo**. Porto Alegre: Editora Evangraf, 227 p., 1999.

OHLSON, O. DE C. et al.. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 118–124, 2010.

PARRA, J.R.P. et al.. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002.

PEREIRA, F.S. **tratamento de sementes para o manejo do mosaico comum do trigo e caracterização do vetor viral *Polomyxa graminis***. 2018, 77 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.

PEREIRA, D. de C.; SANT'ANA, L. C. F. O uso sensoriamento remoto no manejo biológico e químico do cafeiro / The use of remote sensing in the biological and chemical management of coffee. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 8, n. 1, p. 7821–7825, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/43441>. Acesso em: 1 dec. 2024.

PIRES, J. L. F.; BRANDAO, Z. N. **Experimentação on-farm na agricultura de precisão**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022.

PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**: manual do produtor rural. São Paulo: Nobel, 1992.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; COSTENARO, E. R.; SANA, D. **Ecofisiologia de trigo: bases para elevado rendimento de grãos**. Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE). 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes-/publicacao/932195/ecoefisiologia-de-trigo-bases-para-elevado-rendimento-de-graos>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

SARZI, J. S. ***Trichoderma* spp. no biocontrole de *Macrophomina phaseolina* e no crescimento do feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/20746/DIS_PPGAGRONOMIA_2019_SARZI_JANAINA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 de nov. 2023.

SCHISLER, D. A.; SLININGER, P. J.; BEHLE, R. W.; JACKSON, M. A. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant diseases. **Phytopathology**, SaintPaul, v. 94, p. 1267-1271, 2004.

SILVA, F. M. da. **Desempenho de genótipos de trigo em condições edafoclimáticas distintas do estado de São Paulo**. 2011, 117 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico, Campinas, 2011.

SILVA, M. G. N. et al. Extratos vegetais de angico e pau-ferro no controle de fitopatógenos e na fisiologia de sementes de soja. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 63012-63024, 2020

SOUZA, V. C. de, *et al.* Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 612–618, jul. 2006.

USDA. Economic Research Service. United States Department of Agriculture. **Wheat Outlook**: October 2024. WHS-24j, 2024.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; CANTELLE, A. Components of grainyield in wheat and its direct and indirect effects on productivity. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 3, p. 337-341, 2011.