



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

***CAMPUS* ERECHIM**

CURSO DE AGRONOMIA

MARIELYN MORESCO

**INOCULAÇÃO DE *Fusarium graminearum*, PROGRESSO DE GIBERELA E
RENDIMENTO DE TRIGO APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS**

ERECHIM – RS

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

MARIELYN MORESCO

**INOCULAÇÃO DE *Fusarium graminearum*, PROGRESSO DE GIBERELA E
RENDIMENTO DE TRIGO APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Paola Mendes Milanesi

ERECHIM – RS

2023

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Moresco, Marielyn

INOCULAÇÃO DE *Fusarium graminearum*, PROGRESSO DE GIBERELA E RENDIMENTO DE TRIGO APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS / Marielyn Moresco. -- 2023.

24 f.

Orientadora: Dra Paola Mendes Milanesi

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Erechim,RS, 2023.

1. *Triticum aestivum* L. 2. *Gibberella zeae*. 3. índice de doença. 4. fungicidas. I. , Paola Mendes Milanesi, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

MARIELYN MORESCO

**INOCULAÇÃO DE *Fusarium graminearum*, PROGRESSO DE GIBERELA E
RENDIMENTO DE TRIGO APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS**

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

27/06/2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Paola Mendes Milanesi – UFFS

Profa.Dra. Sandra Maria Maziero – UFFS

Prof. Nerandi Luis Camerini– UFFS

INOCULAÇÃO DE *Fusarium graminearum*, PROGRESSO DE GIBERELA E RENDIMENTO EM TRIGO APÓS APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

RESUMO

O trigo é o segundo cereal mais produzido no mundo, no qual é muito importante para a alimentação humana e animal, porém a triticultura possui muitos desafios entre eles, a incidência de doenças como a giberela, doença que afeta espigas. É uma das doenças fúngicas mais destrutivas da cultura do trigo, de difícil controle e fortemente influenciada pelo ambiente. Na ausência de cultivares com resistência genética, a utilização de fungicidas é indispensável sendo a principal estratégia de controle da doença. Teve-se como objetivo deste estudo avaliar o efeito de aplicações sequenciais de fungicidas durante o florescimento do trigo, em área com inoculação artificial de *Fusarium graminearum*, e o rendimento de trigo. A cultivar de trigo utilizada foi a TBIO Noble. O experimento foi conduzido com delineamento experimental em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo: T1: testemunha, sem aplicação de fungicida; T2: duas aplicações de pidiflumetofem (200 g/L) + azoxistrobina + ciproconazol (200 g/L + 80 g/L); T3: duas aplicações de piraclostrobina + metconazol (130 g/L + 80 g/L); T4: duas aplicações de bixafem + protioconazol + trifloxistrobina (125 g/L + 175 g/L + 150 g/L); T5: duas aplicações de trifloxistrobina + tebuconazol (100 g/L + 200 g/L). Essas aplicações foram posicionadas no florescimento do trigo, com intervalo de 6 dias. Foram quantificadas a incidência e severidade de giberela em grãos em massa mole e em maturação fisiológica e o rendimento de grãos. Os fungicidas representados em T2 e T4 proporcionam maior controle da doença em grãos em massa mole, assegurando menor número de grãos chochos. Nos grãos em maturação fisiológica observou-se que T5 e T4 reduzem a incidência de giberela. Os tratamentos fungicidas representados em T5 e T2 conferem maior produtividade e peso hectolitro sobre a cultivar de trigo TBIO Noble.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; *Gibberella zeae*; índice de doença; fungicidas.

INOCULATION OF *Fusarium graminearum*, PROGRESS OF SCAB AND YIELD IN WHEAT AFTER FUNGICIDE APPLICATIONS

ABSTRACT

Wheat is the second most produced cereal in the world, in which it is very important for human and animal food, but wheat farming has many challenges, among them, the incidence of diseases such as wheat scab, a disease that affects ears. It is one of the most destructive fungal diseases of wheat, difficult to control and strongly influenced by the environment. In the absence of cultivars with genetic resistance, the use of fungicides is indispensable, being the main strategy for controlling the disease. This study aimed to evaluate the effect of sequential fungicide applications during wheat flowering, in an area with artificial inoculation of *Fusarium graminearum*, and wheat yield. The wheat cultivar used was TBIO Noble. The experiment was carried out using a randomized block design with five treatments and four replications, as follows: T1: control, without fungicide application; T2: two applications of pydiflumetofem (200 g/L) + azoxystrobin + cyproconazole (200 g/L + 80 g/L); T3: two applications of pyraclostrobin + metconazole (130 g/L + 80 g/L); T4: two applications of bixafem + prothioconazole + trifloxystrobin (125 g/L + 175 g/L + 150 g/L); T5: two applications of trifloxystrobin + tebuconazole (100 g/L + 200 g/L). These applications were positioned at wheat flowering, with an interval of 6 days. The incidence and severity of wheat scab in grains in soft mass and physiological maturity and grain yield were quantified. The fungicides represented in T2 and T4 provide greater control of the disease in grains in soft mass, ensuring a smaller number of dull grains. In grains at physiological maturity, it was observed that T5 and T4 reduced the incidence of scab. The fungicide treatments represented in T5 and T2 confer greater productivity and hectoliter weight on the wheat cultivar TBIO Noble.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; *Gibberella zeae*; disease index; fungicides.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	22

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o segundo cereal mais consumido no Brasil. O cereal destina-se principalmente, a fabricação de pães e massas de diversos tipos. Além disso, o subproduto da moagem constitui-se em importante ingrediente para a alimentação animal (CONAB, 2018). Na safra de 2022, a área para o cultivo do cereal no Brasil foi de 3.086,2 mil ha, com produção de 9.767,4 mil toneladas e produtividade média de 3.165 kg ha⁻¹. Os estados do Paraná e Rio Grande do Sul são os principais responsáveis pela produção de trigo em território nacional (CONAB, 2023).

O trigo é acometido por diversas doenças fúngicas que afetam desde o início do seu desenvolvimento até o espigamento comprometendo a produção e produtividade. Dentre estas, a giberela tem sido a principal doença de espiga na região Sul, onde as condições climáticas favorecem a incidência da doença. A giberela é causada pelo fungo *Gibberella zeae* (Schw.) Petch (anamorfo: *Fusarium graminearum* Schwabe) e, além de destrutiva, é considerada de difícil controle (SANTANA et al. 2020).

Entre os fatores que condicionam a incidência da doença, destacam-se: a presença do patógeno na área o período de predisposição à infecção que se estende do início da floração até estágio de grão leitoso, as condições ambientais favoráveis, principalmente a temperatura (15 a 25 °C) e a frequência de chuvas por longos períodos, molhamento superior a 48h, alta umidade relativa do ar (>90%) condições estas, que favorecem o desenvolvimento da doença durante a safra de inverno (KIMATI, 1997).

O fungo incide sobre as espigas e os grãos de trigo, e além de reduzir diretamente os componentes de rendimento dos grãos, produz micotoxinas que depreciam sua qualidade causando inúmeros prejuízos para o agricultor. As micotoxinas são prejudiciais à saúde do homem e de animais que consomem derivados de trigo em sua dieta, sendo o DON (desoxinivalenol) a principal micotoxina produzida por *Fusarium graminearum* e detectada em trigo (BONFADA et al., 2019).

Nesse sentido, o controle de giberela é um desafio para os triticultores, pois a doença está relacionada a condições do ambiente, época de floração da cultivar utilizada, níveis de inóculo na área, práticas culturais e dificuldades de tecnologia de aplicação, fatores estes que influenciam diretamente no desenvolvimento do patógeno. O modo mais efetivo de controle é a utilização integrada de diferentes estratégias de manejo (genético, químico e cultural). Na ausência de cultivares com resistência genética, a utilização de fungicidas é a principal estratégia de controle, sendo que os fungicidas registrados e mais utilizados para o manejo de

giberela em lavouras de trigo pertencem aos grupos químicos: triazóis - DMIs e estrobilurinas-QoIs.

O grupo químico dos triazóis e triazolintionas é constituído por ingredientes ativos fungicidas que são inibidores da desmetilação; atuam sobre a integridade da membrana plasmática, promovendo a desorganização de suas funções e inibindo a biossíntese de esteróis, o que resulta na alteração da sua permeabilidade e perda dos elementos intracelulares. As estrobilurinas são fungicidas inibidores da quinona externa, cujo mecanismo de ação baseia-se na inibição da respiração mitocondrial, interferindo na síntese de ATP (BONFADA, 2018).

Além destes, o uso de carboxamidas, inibidores da succinato desidrogenase (SDHI) vem se destacando. Em trigo, o ingrediente ativo pidiflumetofem (Adepidyn[®]), mas existe uma carência de literatura referente ao efeito destes produtos no manejo de giberela (STETKIEWICZ et al., 2019), tendo em vista que esse fungicida foi lançado recentemente no mercado.

Dada a importância da giberela em trigo em cultivos no Sul do Brasil, teve-se como objetivo deste estudo avaliar o efeito de aplicações sequenciais de fungicidas durante o florescimento do trigo, em área com inoculação artificial de *Fusarium graminearum*, e o rendimento de trigo.

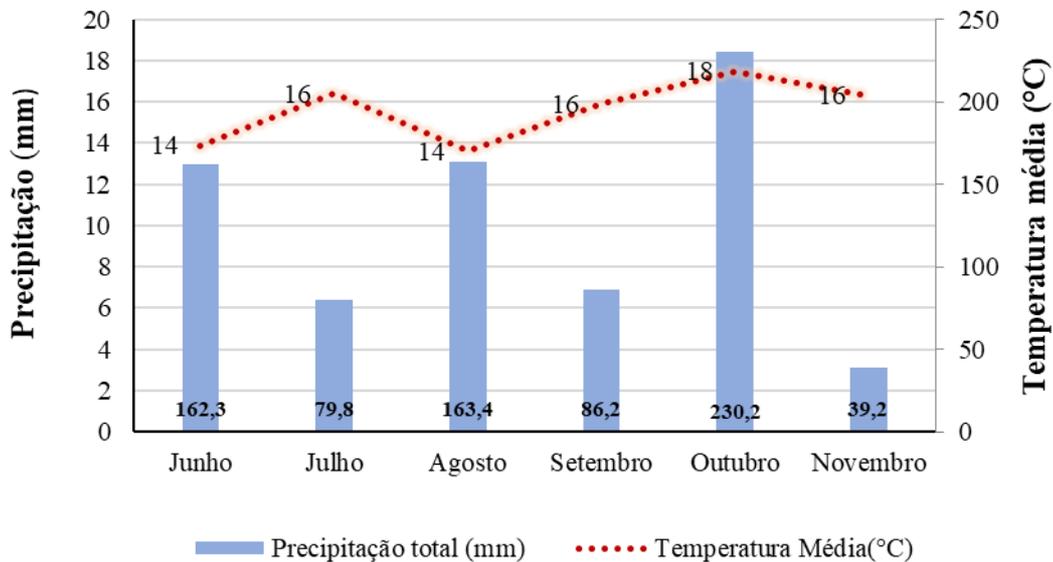
2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Área Experimental e no Laboratório de Fitopatologia, ambos localizados na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/RS, durante a safra 2022.

O solo no local em que o experimento foi implantado é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico típico (*Oxisol*), unidade de mapeamento Erechim (EMBRAPA, 2018). A características químicas do solo, coletado anteriormente à realização da semeadura (profundidade 0-10 cm) indicou: pH: 5,1; matéria orgânica (MO): 4,5% (teor médio); P: 7,2 mg dm⁻³; K: 201,6 mg dm⁻³; Al: 0,2 cmol_c dm⁻³; Ca: 5,1 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,6 cmol_c dm⁻³; e CTC: 13,9 cmol_c dm⁻³.

O clima é classificado como Cfa (clima temperado úmido com verão quente) conforme classificação de Köppen, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano (CEMETRS, 2012). Na figura 1 são representadas as condições meteorológicas vigentes para a safra de inverno de 2022, enquanto na figura 2 constam informações meteorológicas específicas ao ambiente no momento da antese do trigo.

Figura 1 - Precipitação média (mm) e temperatura média (°C) do período entre 13/06/2022 a 16/11/2011, durante o ciclo do trigo. UFFS – Campus Erechim/RS.

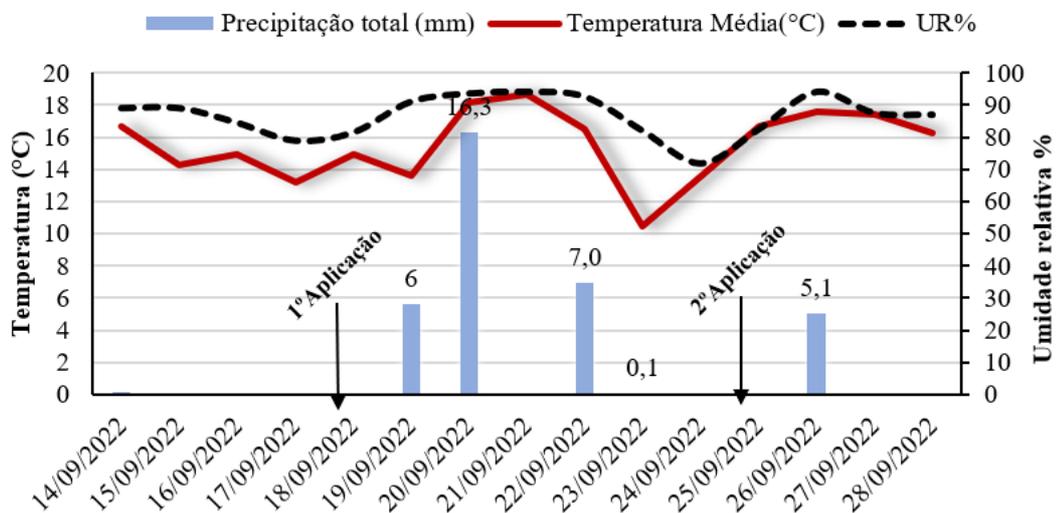


Fonte: Inmet (2022).

A área onde o experimento foi implantado tinha milho como cultivo antecessor. Em pré-semeadura a cultura foi dessecada com herbicida glifosato potássico ($620 \text{ g i.a. L}^{-1}$) na dose de 2 L ha^{-1} conforme recomendações da bula. Em seguida, a palhada foi manejada com o rolo faca visando assegurar uma semeadura mais uniforme, em sistema de plantio direto na palha.

A cultivar de trigo utilizada foi a TBIO Noble, que possui ciclo médio-precoce e é suscetível a giberela. O tratamento das sementes continha fungicida flutriafol ($500 \text{ g i.a. L}^{-1}$; $150 \text{ mL p.c. para } 100 \text{ kg de sementes}$) e inseticida imidacloprido ($480 \text{ g i.a. L}^{-1}$; com $100 \text{ mL p.c. para } 100 \text{ kg de sementes}$). A semeadura foi realizada em 13/06/2022, com semeadora de fluxo contínuo em espaçamento de $0,17 \text{ m}$ entrelinhas, sendo a densidade de 66 sementes por metro linear, visando à obtenção de uma população final de $3.200.000$ plantas ha^{-1} . A adubação de base foi feita com fertilizante mineral N-P-K (fórmula 05-30-15) na proporção de 350 kg ha^{-1} , em consonância com a demanda preconizada pela análise de solo. Posteriormente, foram realizadas duas aplicações de ureia ($45\% \text{ N}$), nos estádios de perfilhamento e alongação, utilizando $88,5 \text{ kg ha}^{-1}$ em cada estágio.

Figura 2 - Condições ambientais vigentes durante a antese em trigo, cv. TBIO Noble, em Erechim - RS, safra 2022.



Fonte: Inmet, 2022.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados (DBC) com 5 tratamentos (Tabela 1) e 4 repetições, totalizando 20 unidades experimentais (parcelas). As parcelas apresentavam dimensões de 3 m de largura por 5 m de comprimento, totalizando 15 m².

A condução do experimento foi realizada conforme o protocolo “viveiro de giberela” (LIMA, 2002). Para isso, foi necessária a produção de inóculo do patógeno em laboratório, a fim de que houvesse a formação de peritécios de *Gibberella zeae*, visto que esses ascocarpos constituem a fonte de inóculo para o desenvolvimento de giberela na cultura do trigo. A metodologia é baseada na utilização de grãos de trigo autoclavados como meio de cultura (LIMA, 2007).

Inicialmente, os grãos de trigo receberam uma suspensão de esporos ($8,0 \times 10^5$ macroconídios mL⁻¹) de um isolado de *Fusarium graminearum* pertencente à coleção do Laboratório de Fitopatologia da UFFS - Campus Erechim (DIVENSI et al., 2019). Em seguida os frascos com os grãos inoculados foram acondicionados em incubadora a 22 °C e fotoperíodo de 12 horas, durante 15 dias, sendo agitados diariamente para que o patógeno colonizasse completamente os grãos. Após a colonização completa dos mesmos estes foram colocados em bandejas e levadas a um ambiente de casa de vegetação para desidratação.

Para a formação dos peritécios foi necessário colocar os grãos colonizados por *Gibberella zeae* em um ambiente favorável ao seu desenvolvimento, como um viveiro. Para

isso, quando os grãos estavam secos e desidratados, em casa de vegetação, foram distribuídos em camadas finas dentro de caixas de areia cobertas com sombrite. As caixas foram regadas diariamente para o melhor desenvolvimento do fungo, permanecendo nesse ambiente por 30 dias, para a completa formação das estruturas de sobrevivência, denominadas peritécios, contendo ascas com ascósporos de *Gibberella zeae*. Em seguida, os peritécios foram recolhidos e armazenados em sacos de papel para posterior distribuição nas parcelas experimentais.

Os peritécios foram distribuídos no dia 14/09/2022, quando a cultura estava no estágio de emborrachamento, sendo esse inóculo distribuído nas linhas externas em cada bloco. A distribuição foi realizada nesse estágio fenológico, pois havia previsão de chuvas contínuas, o que asseguraria um ambiente adequado para a infecção das flores do trigo pelo patógeno.

Antes da realização da 1ª aplicação de fungicidas para giberela, no estágio de florescimento, foram feitas em todos os tratamentos, exceto na testemunha, aplicações de fungicidas visando o controle de outras doenças que incidem sobre o trigo, tais como: oídio, ferrugem da folha e manchas foliares. Para isso, utilizou-se: *i*) no estágio de perfilhamento (em 22/08/2022): propiconazol (0,75 L/ha); *ii*) no estágio de alongação (em 05/09/2022): propiconazol (0,75 L/ha) e azoxistrobina + ciproconazol (300 mL/ha). O intervalo entre aplicações foi de 15 dias.

Com o objetivo de controle de giberela, a primeira aplicação foi feita no período de predisposição das anteras, antes da ocorrência das chuvas; e a segunda aplicação foi realizada no intervalo de 6 dias após a primeira (Tabela 1), pois havia previsão de chuva e, por isso, considerou-se o período residual do fungicida visando a melhor proteção das espigas.

Os fungicidas foram aplicados com o auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, equipado com pontas tipo leque (modelo 110:02), espaçadas em 0,5 m e vazão de 150 L ha⁻¹. Preconizou-se uma velocidade de aplicação de 1m s⁻¹.

A intensidade e a eficiência dos tratamentos fungicidas no controle da giberela foi quantificada pela severidade e incidência da doença em cada tratamento. Para isso as espigas foram avaliadas, em cada unidade experimental, sendo estas coletadas no estágio de grãos em massa mole (espigas verdes) e, em seguida, no estágio de grãos em maturação fisiológica (espigas secas). Considerou-se espiga infectada aquela com presença de uma ou mais espigueta(s) infectada(s) e que apresentem sintomas característicos de giberela.

Tabela 1 – Tratamentos avaliados e posicionamento das aplicações de fungicidas, no estágio de florescimento, visando o controle de giberela em trigo, cv. TBIO Noble, safra 2022. Erechim - RS.

Trat.	1ª aplicação (18/09/22)	Dose	2ª aplicação (24/09/22)	Dose
T1	Testemunha – sem aplicação de fungicidas			
	pidiflumetofem +	0,75 L/ha	pidiflumetofem +	0,75 L/ha
T2	azoxistrobina+	+	azoxistrobina+	+
	ciproconazol	0,3 L/ha	ciproconazol	0,3 L/ha
T3	piraclostrobina +	0,75 L/ha	piraclostrobina +	0,75 L/ha
	metconazol		metconazol	
	bixafem +		bixafem +	
T4	protioconazol +	0,4 L/ha	protioconazol +	0,4 L/ha
	trifloxistrobina		trifloxistrobina	
T5	trifloxistrobina +	0,75 L/ha	trifloxistrobina +	0,75 L/ha
	tebuconazol		tebuconazol	

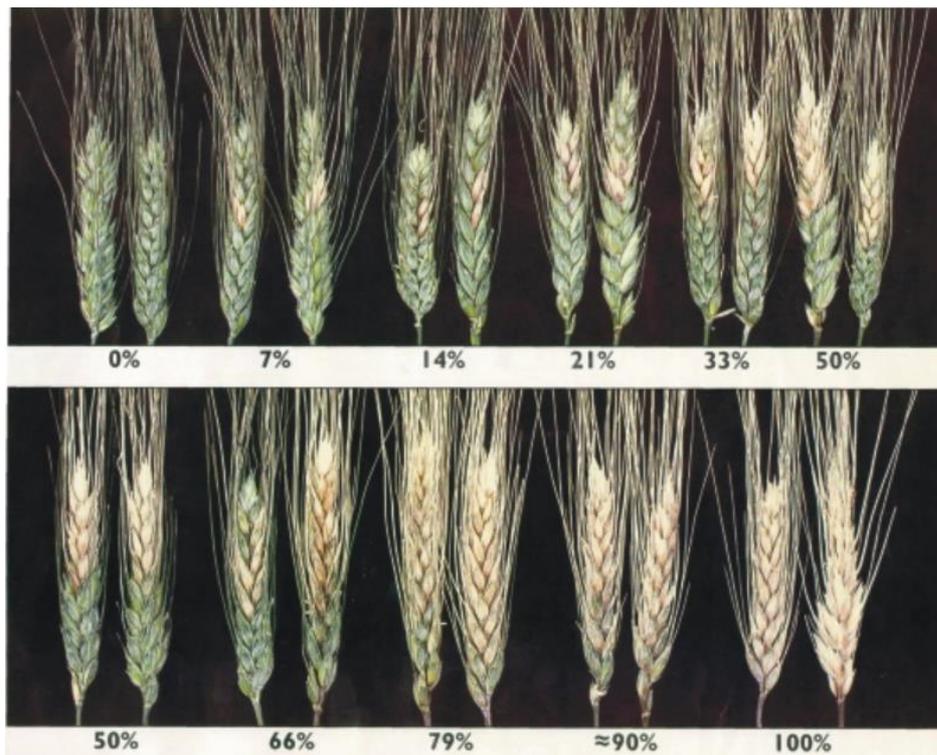
As espigas foram coletadas a partir da bordadura de cada parcela experimental em três linhas centrais (1 m linear cada, na sequência da linha de semeadura), totalizando 3 m lineares por parcela. Após a coleta, iniciou-se a avaliação das espigas verdes, que totalizavam 50 por parcela, quanto a incidência (I, %) e severidade (S, %) de giberela estimando-se, em seguida, o índice de doença ($ID = I * S/100$) (SANTANA et al., 2020).

Para a incidência foi considerado o número de espigas com sintomas de giberela (uma espigueta giberelada por espiga) em relação ao total de espigas avaliadas. Já, para a severidade, as avaliações foram baseadas na escala de Stack e McMullen (1995) (Figura 3). A fim de facilitar as avaliações das espigas, as mesmas foram armazenadas em freezer doméstico, em sacos de papel kraft, para que se mantivesse a coloração verde das espigas.

Para a avaliação de giberela nas espigas secas, foram separadas amostras dos grãos de todos os tratamentos e efetuou-se a separação visual de grãos assintomáticos, que foram plaqueados em meio de cultura BDA (200 g de batata, 20 g de dextrose, 15 g de ágar e 1000 mL de água destilada). Em cada placa foram distribuídos 50 grãos de trigo assintomáticos. As placas de vidro foram agrupadas de acordo com a repetição e permaneceram durante sete dias

em incubadora, com temperatura de 24 °C e fotoperíodo de 12 horas. A identificação de grãos contaminados por *Fusarium graminearum* foi feita visualmente com auxílio do microscópio estereoscópico e óptico, observando as características de colônia dos fungos desenvolvidas sobre o meio de cultura. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) a partir da média de cada tratamento (FABBIAN, 2017).

Figura 3 - Escala visual para estimativa de severidade de giberela em trigo.



Fonte: STACK; MCMULLEN (1995)

Além disso, as variáveis avaliadas na pré-colheita do trigo foram: número de grãos cheios e chochos por espiga e o comprimento de espiga (cm). Essas métricas foram analisadas em uma amostra de 10 plantas de trigo, colhidas aleatoriamente, na área útil de cada parcela.

A colheita foi realizada em 16/11/22, de forma manual, e o trigo foi trilhado com o auxílio de uma trilhadora estacionária de parcelas. A área útil de cada parcela foi correspondente a 4 m². Após as amostras terem sido devidamente identificadas, foram encaminhadas ao Laboratório de Fitopatologia da UFFS - Campus Erechim, onde foi realizada a medição de umidade das amostras, com auxílio do medidor de umidade de grãos portátil (marca Gehaka Agri, modelo G600). Além disso, determinou-se o peso hectolitro (PH, kg hL⁻¹); o peso de mil grãos (PMG, g); e a produtividade de grãos (kg ha⁻¹).

A determinação de PH foi efetuada com balança da marca Dalle Molle, modelo 40. O peso de mil grãos foi aferido por contagens de oito amostras de 100 grãos cada, pesando as mesmas em balança analítica (BRASIL, 2009). Posteriormente, foi estimada a produtividade (kg ha^{-1}) de grãos. Para essas análises, a umidade dos grãos foi ajustada em 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância por meio do teste F ($p \leq 0,05$) e, se significativos, realizou-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para a comparação de médias. As análises foram realizadas com auxílio do *software* estatístico SISVAR versão 5.6 (FEREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto as variáveis estudadas os resultados dos tratamentos diferiram significativamente para a incidência de giberela em grãos em massa mole e grãos em maturação fisiológica (Tabela 2), grãos cheios e chochos (Tabela 3), peso de mil grãos (PMG, g), produtividade (kg ha^{-1}) e peso hectolitro (PH) (Tabela 4), sendo que não houve diferença significativa nas variáveis de severidade da doença (Tabela 2) e comprimento de espiga (Tabela 3).

Neste trabalho, a cultura teve um ciclo de 157 dias. A precipitação acumulada durante o ciclo foi de 761 mm, sendo que o período de antese do trigo foi de, aproximadamente, 15 dias, entre 14/09/2022 e 28/09/2022. A temperatura média deste período foi de 15,52 °C, com precipitação de 34,5 mm distribuídos em 5 dias; já a umidade relativa variou entre 82 e 94% (Figura 2).

Nota-se que nos meses de setembro e outubro as temperaturas médias ficaram entre 16 °C e 18 °C (Figura 1 e 2), mantendo-se em faixas adequadas para o desenvolvimento de giberela em trigo, cujo período crítico se deu no início da floração até o estágio de grão leitoso.

Em setembro de 2022, o volume total de precipitação foi de 86,2mm, mas em outubro o volume foi mais elevado, totalizando de 230,2 mm (Figura 1). Períodos de chuvas contínuas de dois ou três dias e temperaturas médias acima de 17°C, com umidade relativa acima de 40%, desempenham condição para incidência da doença (KURZ; WORDELL, 2020), dados estes que coincidem com os resultados obtidos neste trabalho e comprovam que a giberela é uma doença altamente influenciada pelo clima.

A presença do inóculo nas parcelas do experimento, as condições ambientais favoráveis no estágio de florescimento da cultura, presença de palhada e a suscetibilidade da cv. TBIO Noble foram fatores predominantes para a incidência da doença na área avaliada.

A incidência de giberela em espigas de trigo coletadas no estágio de grãos em massa mole variou de 19,50 a 64%; a severidade foi de 6,91 a 13,08%; e a incidência de grãos giberelados, em espigas na maturação fisiológica, variou de 19,60 a 37,60% (Tabela 2).

Tabela 2 - Incidência (%), severidade (%) e índice de doença para giberela no estágio de grãos em massa mole, e incidência (%) da doença em grãos no estágio de maturação fisiológica, na cultivar de trigo TBIO Noble, após a aplicação de fungicidas no florescimento, visando o controle da doença, safra 2022.

Tratamentos	Grãos em massa mole ²			Grão em maturação fisiológica
	Incidência (%)	Severidade (%)	Índice de doença	Incidência (%)
T1	64,00 a ¹	13,08 ^{ns}	8,36 a	37,60 a
T2	19,50 b	7,00	1,43 b	21,20 b
T3	27,25 b	8,50	2,33 b	23,20 b
T4	21,50 b	6,91	1,59 b	20,80 b
T5	28,00 b	9,00	2,78 b	19,60 b
MG ³	32,05	8,90	3,30	24,48
MTF ⁴	24,06	7,85	2,03	21,20
C.V. (%) [*]	12,67	19,36	18,73	10,70

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ² Dados transformados para $\sqrt{x+1}$. ³ Média geral dos tratamentos. ⁴ Média dos tratamentos com fungicidas. ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$). ^{*}C.V. (%): coeficiente de variação. Tratamentos: T1) testemunha; T2) pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol; T3) piraclostrobina + metconazol; T4) bixafem + protioconazol + trifloxistrobina; e T5) trifloxistrobina + tebuconazol.

Todos os tratamentos apresentaram alta incidência de giberela nas espigas coletadas. Na severidade da doença, embora os tratamentos não tenham diferido significativamente, pode-se verificar que nas espigas do tratamento testemunha (T1) a severidade atingiu 13,08% (Tabela 2). Ainda, em relação a testemunha, houve redução de 5,15% na média de severidade para os tratamentos com fungicida (7,85%).

Para as variáveis de incidência e índice de doença em massa mole, na qual os fungicidas pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol (T2) e bixafem + protioconazol+ trifloxistrobina (T4) se destacaram dos demais, porém não diferem de T3 e T5. As aplicações

de fungicidas proporcionam uma redução significativa da doença; com isso, é essencial a necessidade de aplicação principalmente no início e o meio da antese completa pois são as que asseguram maior controle da doença (BONFADA, 2018).

O índice de doença na testemunha foi de 8,36% (Tabela 2), sendo que esse tratamento obteve produtividade de 3.544,53 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Caso a intensidade de giberela na testemunha for menor do que 7%, é considerada baixa; e se for maior do que 7%, é alta (MACHADO, 2016). Portanto, a alta intensidade da doença constatada na testemunha refletiu-se sobre a produtividade desse tratamento.

Quando se compara a testemunha ao melhor tratamento (T5) em relação a produtividade (4.429,24 kg ha⁻¹), houve uma diferença de 14,7 sacas, o que é devido ao baixo índice de doença obtido em T5 (2,78). Logo, considerando-se o índice de doença, nos tratamentos com aplicações de fungicida denota-se baixa incidência de giberela (Tabela 2).

Para controle de giberela, as aplicações podem ser preventivas ou curativas, mas devem ser realizadas no estágio de florescimento da cultura. O tempo de infecção e a condição ambiental são essenciais para tomada de decisão, uma vez que, durante a floração acontece mais do que uma infecção, assim se dará a eficácia do fungicida. Diante disso, recomenda-se que após a primeira aplicação seja feita outra em 7 a 10 dias, havendo condições favoráveis a doença (EDWARDS, 2022).

Quanto ao tratamento contendo os ingredientes ativos pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol (T2), a mistura dos grupos químicos carboxamida + estrobilurina + triazol, assegurou a menor incidência no estágio de grãos em massa mole; já, em maturação fisiológica, isso foi observado em T5 (Tabela 2). Para o tratamento 2, em grãos com maturação fisiológica, houve aumento de incidência o que pode ser explicado pelo longo período de suscetibilidade da cultura em relação as condições de ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

Para a avaliação de incidência de *Fusarium graminearum* em grãos no estágio de maturação fisiológica foi utilizado o meio de cultura batata-dextrose-água que é um dos métodos mais utilizados para analisar patógenos que se disseminam pela semente de trigo, visto que é um teste eficiente na detecção desse fungo (CAMARGO; MORAES; MENTEN, 2017).

Em relação aos fungicidas aplicados para controle de giberela, a combinação de pidiflumetofem com azoxistrobina + ciproconazol forneceu a menor incidência e, consequentemente, o menor índice de doença (Tabela 2) a seleção de ingredientes ativos fungicidas que tenham maior toxicidade aos fungos fitopatogênicos é aspecto essencial para que o controle químico das doenças seja bem sucedido. Cabe destacar que o pidiflumetofem é uma carboxamida nova e promissora no controle de giberela em trigo. Esse ingrediente ativo

foi lançado no mercado brasileiro na safra 2022 e, por isso, ainda há carência de estudos que demonstrem a sua utilização em trigo, no Brasil.

Em outros países, onde já é comercializado, o pidiflumetofem vem sendo utilizado sozinho ou em mistura com propiconazol, um triazol. Este ingrediente ativo é recomendado para o controle de giberela e outras doenças que são responsáveis pela redução de rendimento nas culturas agrícolas, como manchas foliares e oídios (STIERLI et al., 2021). Ressalta-se que o uso inadequado e excessivo de alguns grupos químicos já levou ao surgimento de resistências; deste modo, torna-se necessário preservar os novos ingredientes ativos fungicidas para o manejo de doenças (ZHOU et al., 2022).

Assim, considerando essa premissa, no referido trabalho misturou-se o pidiflumetofem com azoxistrobina e ciproconazol, buscando ampliar a performance da carboxamida, pela sua proteção com ativos já amplamente utilizados no mercado, mas que ainda asseguram efeito de controle sobre os patógenos que incidem na cultura. Essa é uma prática que visa minimizar casos de insensibilidade dos fungos fitopatogênicos aos ingredientes ativos fungicidas.

Para a variável grãos cheios/espiga e grãos chochos/espiga (Tabela 3) é possível observar que os tratamentos T2 (pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol) e T4 (bixafem + protioconazol + trifloxistrobina) apresentaram os melhores resultados em relação aos demais, o que se relaciona os menores índices de doença obtidos nesses tratamentos (Tabela 2). Cabe destacar que esses tratamentos continham uma mistura de três grupos químicos. A utilização de diferentes mecanismos de ação, assegura um melhor controle do patógeno, beneficiando assim a cultura pelo incremento no número de grãos cheios e combatendo o surgimento de resistência do patógeno aos fungicidas (NOUHRA et al., 2021).

Com relação aos grãos chochos os tratamentos com dois mecanismos de ação, T3 e T5, contendo apenas triazol + estrobilurina, tiveram a maior porcentagem de grãos chochos, e não diferiram estatisticamente da testemunha (T1). No entanto, a testemunha obteve a maior frequência de grãos chochos entre os tratamentos avaliados, estando em consonância com os resultados de incidência, severidade e índice de doença para esse tratamento (Tabela 2).

O referido posicionamento dos tratamentos T2 e T4 mostrou-se eficiente, pois assegurou um menor número de grãos estéreis, diminuindo assim perdas na colheita e indicando a importância do posicionamento de carboxamida das aplicações. Os danos causados pela doença resultam em grãos chochos, enrugados, rosados a esbranquiçados, estes se tornam tão leves, que na colheita são perdidos e, assim, reduzindo produtividade ou causam descontos na entrega do produto ao cerealista (KURZ; WORDELL, 2020).

Tabela 3 – Comprimento de espiga (cm) e número de grãos cheios e chochos por espigas de trigo, cv. TBIO Noble, após a aplicação de fungicidas para o controle de giberela, safra 2022.

Tratamentos	Comprimento de espiga (cm)	Grãos cheios/espiga	Grãos chochos/espiga ²
T1	7,75 ^{ns}	35,77 b ¹	5,37 a
T2	7,92	41,65 a	1,57 b
T3	7,70	38,92 ab	3,15 ab
T4	7,90	42,55 a	1,92 ab
T5	7,82	39,55 ab	3,25 ab
MG ³	7,82	39,69	3,05
MTF ⁴	7,83	40,66	2,47
C.V. (%) [*]	6,11	6,12	28,26

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ² Dados transformados para $x*0,5$. ³ Média geral dos tratamentos. ⁴ Média dos tratamentos com fungicidas. ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$). ^{*}C.V. (%): coeficiente de variação. Tratamentos: T1) testemunha; T2) pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol; T3) piraclostrobina + metconazol; T4) bixafem + protioconazol + trifloxistrobina; e T5) trifloxistrobina + tebuconazol.

Na variável peso de mil grãos (PMG, g) os tratamentos T2 e T4 alcançaram os maiores valores entre os demais avaliados neste estudo, sendo 39,37 g e 39,08 g, respectivamente (Tabela 4). Além disso, o PMG obtido neste trabalho, para a cv. TBIO Noble, foi superior àquele descrito no portfólio da empresa para esta cultivar, que é de 33 g (BIOTRIGO, 2023). Os tratamentos T3, T5 não diferiram entre si, variando de 37,81 a 38,27 g. A testemunha (sem aplicação), por sua vez, teve o menor PMG, refletindo o resultado de maior número de grãos chochos por espiga (Tabela 3). O peso de mil grãos é uma característica importante nas etapas de produção de farinha de trigo, pois é utilizado para classificar o trigo quanto ao seu tamanho (VILANI, 2016).

Quanto ao peso hectolitro (PH), nos tratamentos com aplicações de fungicidas houve variação de 79,73 a 78,73, superiores ao T1, sem aplicação de fungicida. Neste estudo, o incremento no PH entre os tratamentos T2 e testemunha (T1) chegou a 5,43% (Tabela 4). Apesar disso, denotou-se diferença estatística entre T2 e os demais tratamentos com fungicidas.

O peso hectolitro, é uma variável importante na classificação comercial do trigo, pois determina a qualidade e o rendimento da extração da farinha. Quando o trigo não atinge o valor mínimo de PH, ou seja, 78 kg hL⁻¹, ele é destinado a outros usos, como por exemplo alimentação animal, além de possuir um valor inferior de mercado (KUHNEM et al., 2020).

Tabela 4 - Peso de mil grãos (PMG, g), peso hectolitro (PH) e produtividade (kg ha⁻¹) de trigo, cv. TBIO Noble, após a aplicação de fungicidas para o controle de giberela, safra 2022.

Tratamentos	PMG (g)	PH	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	35,58 b ¹	75,62 b	3544,53 b
T2	39,37 a	79,73 a	4187,83 ab
T3	37,81 ab	78,78 a	4085,09 ab
T4	39,08 a	78,73 a	4126,66 ab
T5	38,27 ab	78,83 a	4429,24 a
MG ²	38,02	78,34	4074,67
MTF ³	38,63	79,01	4207,20
C.V. (%) [*]	3,14	1,20	7,88

¹ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ² Média geral dos tratamentos. ³ Média geral dos tratamentos com fungicidas. ^{ns} não significativo ($p \leq 0,05$). ^{*}C.V. (%): coeficiente de variação. Tratamentos: T1) testemunha; T2) pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol; T3) piraclostrobina + metconazol; T4) bixafem + protioconazol + trifloxistrobina; e T5) trifloxistrobina + tebuconazol.

Em relação a produtividade de trigo, os tratamentos T5 (trifloxistrobina + tebuconazol) e T2 (pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol) asseguram maior produtividade de trigo, respectivamente, se destacando em relação aos demais. Observa-se que T5 incrementou em 5,76% a produtividade quando comparado a T2, representando 4,02 sacas a mais. Na testemunha (sem aplicação) denota-se a menor produtividade, o que pode ser explicado pelas condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento de outras doenças além da giberela. Com isso, houve redução de área fotossintética ativa, e as plantas entraram em senescência mais precocemente, reduzindo a produção de fotoassimilados, o qual contribui para o enchimento de grãos (TSIALTAS et al., 2018).

Em T5 os fungicidas utilizados são do grupo dos triazóis e as estrobilurinas, que estão entre os mais utilizados para o controle de *Fusarium graminearum*. Embora este tratamento tenha apresentado resultados inferiores a outros em relação ao índice de doença (Tabela 2), proporcionou um incremento na produtividade de grãos, no peso hectolitro e no peso de mil grãos. Na região Sul do Brasil, especificamente no norte do Rio Grande do Sul, os triazóis são os fungicidas mais utilizados e a mistura de grupos químicos fungicidas deve ser recomendada aos produtores (BONFADA et al., 2019).

O incremento em relação ao rendimento de grãos de trigo, pode ser devido ao uso do ingrediente ativo tebuconazol, em uma ou duas aplicações, sendo que isso traz benefícios diretos na lucratividade para o produtor (DUFFECK et al., 2020). Porém, os resultados em

relação aos ingredientes ativos frente aos componentes de rendimento são muito variáveis e necessitam mais pesquisas com resultados que fundamentem isso (MACHADO, 2016).

Os fungicidas inibidores de desmetilação – DMIs, utilizados isoladamente, são os mais eficazes no controle de giberela quando comparados as aplicações de fungicidas QoIs - inibidores da quinona oxidase. Estes demonstram ter potencial para aumentar a concentração de DON nos grãos, fato que não é observado quando fungicidas DMIs são utilizados sozinhos (BISSONNETTE et al., 2018). No entanto, o desempenho destes dois fungicidas, quando em mistura no mesmo produto, tais como visto no referido trabalho, assegura resultados promissores no controle de giberela em trigo.

As indicações técnicas para a cultura do trigo no Sul do Brasil sugerem que, quando houver período de predisposição sob condições favoráveis à infecção de giberela, a aplicação deve ser feita antes da ocorrência de chuvas, para que a espiga esteja protegida. A segunda aplicação se houver novas previsões de chuvas deve ser realizada entre 7 dias, considerando assim o período de proteção das espigas (CUNHA; CAIERÃO, 2023). A eficácia de controle de giberela é ampliada quando utilizadas duas aplicações ao invés de apenas uma (MACHADO, 2016), reforçando os resultados obtidos neste trabalho em que se pode comprovar que mais de uma aplicação no período de florescimento do trigo reduz a incidência e o índice de giberela.

Sendo assim, as aplicações de fungicidas nesta safra foram um fator determinante na produtividade da cultura e na sanidade das plantas, fato esse que não ocorreu na testemunha, consequentemente causando prejuízos na produção. Além de danos quantitativos, existem os qualitativos que estão diretamente relacionados com a presença das micotoxinas produzidas por *Fusarium graminearum* nos grãos, sendo uma das mais importantes a micotoxina desoxinivalenol - DON (KURZ; WORDELL, 2020). A micotoxina DON, é um contaminante alimentar de preocupação na produção animal, a exposição a rações com sua presença pode levar há sintomas graves para os animais (HOOFT; BUREAU, 2021).

A temática abordada neste trabalho é de importância para a triticultura, visto que no Norte do Rio Grande do Sul a giberela é a doença que mais compromete a qualidade dos grãos obtidos. Além disso, quanto a possibilidade de uso de uma nova carboxamida no controle químico de giberela, cabe especial atenção, pois existem relatos sobre resistência de *Fusarium graminearum* aos fungicidas utilizados, o que indica a necessidade de trabalhar com rotação ou combinações de fungicidas para que haja um controle contínuo de giberela, assegurando o rendimento de grãos. Devido aos resultados sobre ingredientes ativos serem variáveis, se faz necessária a condução do ensaio em mais safras, a fim de que essas informações possam, de

fato, contribuir mais a respeito de estratégias de controle químico de giberela na cultura do trigo.

4. CONCLUSÃO

Os fungicidas representados em T2 (pidiflumetofem + azoxistrobina + ciproconazol) e T4 (bixafem + protioconazol+ trifloxistrobina) proporcionam maior controle da doença em grãos em massa mole, com incidência e índice de doença inferior aos demais tratamentos.

Os tratamentos T5 (trifloxistrobina +tebuconazol) e T4 reduzem a incidência de giberela em grãos em maturação fisiológica.

Em T2 e T4, as aplicações de fungicidas asseguram menor número de grãos chochos.

Os tratamentos fungicidas representados em T5 e T2 conferem maior produtividade e peso hectolitro, respectivamente. Esses tratamentos podem ser recomendados para o controle de giberela em trigo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Mapa/ACS. 2009.

BIOTRIGO GENÉTICA. TBIO Trigo Cultivares. Disponível em: <https://biotrigo.com.br/cultivares/tbio-noble/>. Acesso em: 20 mai de 2023.

BONFADA, E. B. **Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de aplicação de fungicidas**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1451/2/2018EversonBilibioBonfada.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2023.

BONFADA, E. B. et al. Performance of fungicides on the control of fusarium head blight (*Triticum aestivum* L.) and deoxynivalenol contamination in wheat grains. **Summa Phytopathologica**, v.45, n.4, p.374-380, 2019.

BISSONNETTE, K. M. et al. Effect of Fusarium scab management practices on mycotoxin contamination of wheat straw. **Plant Disease**, v. 102, no. 6, pg. 1141-1147, 2018.

CEMETRS - CENTRO ESTADUAL DE METEOROLOGIA: **Atlas climático do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110034-atlas-climatico-rs.pdf>. Acesso em: 03 abr de 2023.

CAMARGO, M. P; MORAES, M. H.; MENTEN, J. O. Efficiency of Blotter test and agar culture medium to detect *Fusarium graminearum* and *Pyricularia grisea* in wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 297-302, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **A trajetória do trigo no Brasil e o seu papel nas relações comerciais e institucionais entre Brasil e Argentina**. v. 18, 2018. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 14 mai. 2023

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v.10 – safra 2022/23, n 4 – quarto levantamento, janeiro 2023. 83p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 14 mai. 2023.

CUNHA, G. R; CAIERÃO, E. **Informações técnicas para trigo e triticales safra 2023**: 15ª Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales. Brasília, DF: Embrapa, 2023. 143p.

DIVENSI, L. J. et al. Pathogenicity of *Fusarium graminearum* on creole beans: germination, vigor and seedling damage. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 94, n. 2, p. 91 - 101, 2019. DOI: <https://doi.org/10.37856/bja.v94i2.3410>

DUFFECK, M. R. et al. Modeling yield losses and fungicide profitability for managing Fusarium head blight in Brazilian spring wheat. **Phytopathology**, v. 110, n. 2, p. 370-378, 2020.

EMBRAPA – Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília: Embrapa solos. 2018. 356p.

EDWARDS, S. G. Pydiflumetofen co-formulated with prothioconazole: a novel fungicide for fusarium head blight and deoxynivalenol control. **Toxins**, v. 14, n. 1, p. 34, 2022.

FABBIAN, N. L. **Severidade de Giberela e presença de micotoxinas em cevada mediante diferentes sequências de aplicação de fungicidas**. 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

HOOFT, J. M.; BUREAU, D.P. Deoxynivalenol: Mechanisms of action and its effects on various terrestrial and aquatic species. **Food and Chemical Toxicology**, v. 157, p. 112616, 2021.

INMET. Instituto nacional de meteorologia. Agrometeorologia. **Precipitação Safra**, Erechim-RS, 2022.

KIMATI, Hiroshi et al. **Manual de fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 1997.

KUHNEM, P. et al. **Informações técnicas para trigo e triticales**: Safra 2020, XIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales. 2020.

KURZ, V.; WORDELL, J. A. Manejo da giberela na cultura do trigo baseando-se em um sistema de previsão. **Anais da Agronomia**, v. 2, p. 155-176, 2020. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/agronomia/article/view/334>. Acesso em: 20 mai 2023.

LIMA, M. I. P. M. **Métodos de amostragem e avaliação de giberela usados na Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 17 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 27). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do27.htm. Acesso em: 06 abr. 2023.

LIMA, M. I. P. M. **Protocolo usado na Embrapa Trigo para produção de peritécios de *Gibberella zeae* em grãos de trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. (Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online.). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co218.htm. Acesso em: 03 abr. 2023.

MACHADO, F. J. **Giberela do trigo: resistência a fungicidas e metanálise da eficácia do controle químico**. 2016. 78 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 23 fev. 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/8377/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2023.

NOUHRA, G. et al. Efficiency of trifloxystrobin and tebuconazole, in a commercial formulation, associated with protective fungicides to control *Alternaria* brown spot on ‘Murcott’ tangors. **Summa Phytopathologica**, v. 47, p. 122-125, 2021.

STACK, R.W.; MCMULLEN, M.P. **A visual scale to estimate severity of fusarium head blight in wheat**. Fargo: North Dakota State University - Extension Service, p.1095, 1995.

SANTANA, F. M. et al. **Eficiência de fungicidas para controle de giberela do trigo: resultados dos Ensaio Cooperativos - Safra 2018**. Circular Técnica 52. Passo Fundo, RS. Jun. 2020. 20p.

STETKIEWICZ, S. et al. The impact of fungicide treatment and Integrated Pest Management on barley yields: Analysis of a long term field trials database. **European Journal of Agronomy**, v. 105, p. 111-118, 2019.

STIERLI, D. et al. **ADEPIDYN- the first N-methoxy-substituted carboxamide among the succinate dehydrogenase inhibitors**. In: MAIENFISCH, Peter, MANGELINCKX, Sven (Eds.). Recent Highlights in the Discovery and Optimization of Crop Protection Products. Cambridge: Academic Press, 2021. p. 357-366

TSIALTAS, J. T.; THEOLOGIDOU, G. S.; KARAOGLANIDIS, G. S. Effects of pyraclostrobin on leaf diseases, leaf physiology, yield and quality of durum wheat under Mediterranean conditions. **Crop Protection**, v. 113, p. 48-55, 2018.

VILANI, I. **Avaliação da qualidade física e fisiológica de sementes de cultivares de trigo**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande Do Sul (UNIJUÍ). Rio Grande do Sul: Ijuí, 2016.

ZHOU, F. et al. Mechanism of Pydiflumetofen Resistance in *Fusarium graminearum* in China. **Journal of Fungi**, v. 9, n. 1, p. 62, 2022.