

## MANEJO DA GIBERELA NA CULTURA DO TRIGO BASEANDO-SE EM UM SISTEMA DE PREVISÃO<sup>1</sup>

Vanessa Kurz<sup>2</sup>  
João Americo Wordell Filho<sup>3</sup>

### RESUMO

A doença giberela, também conhecida como fusariose, é causada pelo fungo ascomiceto *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch, a qual afeta as espigas do trigo (*Triticum aestivum* L.). No Brasil, principalmente na região Sul, a giberela alcançou status de principal doença das regiões tritícolas. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo estudar o efeito de fungicidas e suas misturas sobre a giberela na cultura do trigo. Para isso, foram realizados estudos de avaliação da influência da aplicação de fungicidas sobre a intensidade da doença utilizando como ferramenta um sistema de previsão, bem como, realizar estudos epidemiológicos do comportamento da doença no processo infeccioso a fim de subsidiar estratégias de manejo da doença de modo a possibilitar a redução do impacto dessa enfermidade na produção de trigo e também seus reflexos negativos na qualidade de farinha produzida. O experimento foi conduzido a campo, com delineamento de blocos ao acaso, contendo oito tratamentos e quatro repetições, utilizando a cultivar de trigo BRS 374, cultivar suscetível a giberela. Os tratamentos foram compostos pelos seguintes fungicidas: 500 ml ha<sup>-1</sup> Fox XPro (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen) + 250 ml ha<sup>-1</sup> Aureo (óleo metilado de soja); 1,2 L ha<sup>-1</sup> Ativum (epoxiconazol + fluxapiroxade + piraclostrobina) + 0,5 L ha<sup>-1</sup> Assist e 500 ml ha<sup>-1</sup> Fox XPro (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen) + 250 ml ha<sup>-1</sup> Aureo (óleo metilado de soja) aplicações fixas. Nos tratamentos adicionais foram aplicados os fungicidas tebuconazole e carbendazim. Os resultados indicaram que o rendimento de grãos e peso de mil grãos houve diferenças significativas entre a testemunha e o restante dos tratamentos. Para PH, apresentou-se valores superiores com aplicações no estágio vegetativo e de uma a três aplicações no estágio reprodutivo. Com relação a micotoxina desoxinivalenol (DON), os tratamentos apresentaram diferenças significativas entre si, entre os valores apresentados foi observado os menores valores para aplicações no estágio vegetativo e mais três adicionais no reprodutivo (415 ppb), evidenciando que, embora de forma preliminar, a combinação de benzimidazóis e triazóis utilizados nos tratamentos C, D e E na fase reprodutiva da cultura do trigo reduziram a quantidade de DON na farinha de trigo integral. Para *Fusarium* spp. nos grãos, não apresentou-se diferenças significativas entre si. Embora não tenha sido possível avaliar a eficácia do sistema de previsão, foi possível através do presente trabalho verificar que os fungicidas utilizados aumentam o rendimento de grãos e peso de mil grãos e diminuem a quantidade de DON em relação à testemunha.

**Palavras-chave:** *Triticum aestivum* L., *Gibberella zeae*, Controle químico.

### 1 INTRODUÇÃO

<sup>1</sup> Manejo da giberela na cultura do trigo baseando-se em um sistema de previsão.

<sup>2</sup> UCEFF Faculdades. Acadêmica do Curso de Agronomia. E-mail: vanekurzvane@gmail.com.

<sup>3</sup> UCEFF Faculdades. Dr. em Fitopatologia. E-mail: wordell@epagri.sc.gov.br.

A giberela é uma das doenças mais importantes que afetam espigas e grãos da cultura do trigo no mundo. No sul do Brasil onde a produção de trigo se concentra em torno de 90% do total produzido no país, o ambiente favorável para o desenvolvimento da doença causa danos e perdas na cultura. O ambiente exerce papel importante no desenvolvimento da giberela, sendo as condições mais favoráveis: precipitação pluvial em dois ou três dias consecutivos e temperatura entre 24°C a 30°C, situação que ocorre com frequência após o espigamento dos cereais de inverno na região sul do Brasil (LIMA; TIBOLA, 2014).

Os danos ocasionados pela doença resultam do abortamento de flores ou da formação de grãos chochos, enrugados, ásperos, de coloração rósea a esbranquiçada, e também a espécie *Fusarium graminearum* produz as toxinas tricotecenos deoxinivalenol (DON), nivalenol e toxina T-2 e zearalenona (ZEA), que são prejudiciais tanto para os seres humanos como para os animais, destacando-se a micotoxina DON que é a principal toxina que afeta a cultura do trigo (MILLER, 1995, *apud* TIBOLA; LORINI; MIRANDA, 2009).

Conforme Bernardi *et al.* (2018) o controle da giberela na atualidade é um grande desafio. Muitas linhagens de trigo tem sido avaliadas quanto a sua reação à doença, porém até o momento ainda não foram obtidos materiais comerciais que conferem resistência em nível satisfatório, a fim de dispensar o uso de fungicidas. Quando aplicado corretamente, os fungicidas podem reduzir a intensidade da giberela em até 60% e o teor da contaminação por desoxinivalenol (DON), porém a aplicação de fungicidas deve ser definida de acordo com as condições climáticas durante a floração do trigo.

O período de predisposição da lavoura de trigo para a doença vai do início da floração (presença de anteras soltas e presas) até o grão leitoso (presença de anteras presas). A chuva e o calor nesta fase propiciam para o desenvolvimento da giberela. Com base nos dados meteorológicos é possível reforçar a aplicação de fungicidas com antecedência e inibir o desenvolvimento do *Fusarium graminearum*.

Para auxiliar na tomada de decisão, as estações meteorológicas da rede do Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Epagri/Ciram) forneceram informações como temperatura, umidade relativa do ar e duração do período de molhamento, através do processamento dos dados em modelos computacionais que alertam para situações de risco para a infecção do fungo.

Visando a busca de informações e melhorias, a fim de minimizar os impactos causados pela doença na cultura do trigo, o estudo baseou-se no questionamento principal de: **Como o**

## **sistema de previsão pode contribuir para realizar as aplicações preventivas, a fim de controlar a proliferação da giberela no trigo?**

Sendo o principal objetivo do estudo analisar o controle químico da giberela na cultura do trigo, baseando-se em um sistema de previsão como tomada de decisão e avaliar o efeito do carbendazim e tebuconazole na severidade da doença a campo.

A severidade da giberela que afeta as lavouras de trigo, faz com que a doença seja uma das mais importantes da cultura, sendo que ainda não existem estratégias de uso eficiente para o seu controle. Através disso, ressalta-se a importância de pesquisar sobre o assunto, a fim de desenvolver técnicas que futuramente possam contribuir para o avanço do conhecimento sobre este patossistema.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O trigo (*Triticum aestivum* L.) tem se destacado pela sua importância para a economia brasileira e global, por ser um dos três cereais mais cultivados no mundo. O Brasil na safra 2020/2021 produziu 6,3 milhões de toneladas de trigo, produção que cresceu exponencialmente comparado a safra anterior que produziu 5,2 milhões de toneladas, onde concentrou-se sua maior produção na região sul do Brasil (ABITRIGO, 2021).

De acordo com Del Ponte *et al.* (2004) a doença giberela ou fusariose da espiga é na atualidade, uma das mais importantes doenças que afetam a cultura do trigo em âmbito mundial. A doença alcançou o status de principal doença das regiões tritícolas, a qual ocorre com maior frequência, principalmente na região sul do Brasil, causando impactos econômicos de nível leve a elevado.

A giberela é causada principalmente pelo fungo ascomiceto *Gibberella zeae* (Schw.) Petch (anamorfo = *Fusarium graminearum* Schwabe), é uma das doenças fúngicas mais destrutivas na cultura do trigo de difícil controle e altamente influenciada pelo ambiente (SANTANA *et al.* 2018)

Descrita na Inglaterra em 1894, continua na atualidade sendo uma doença de desafio mundial. No Brasil o patossistema tem sido estudado a mais de três décadas e estudos mais recentes tem indicado que a doença que se apresentava de forma mais leve e esporádica, atualmente alcançou a posição de uma das doenças mais importantes das regiões tritícolas (LIMA; TIBOLA, 2014).

Frequentes epidemias de giberela ocorridas nas lavouras do sul do país decorrente das condições climáticas favoráveis para a doença causam a redução do rendimento da cultura que é atribuída pelo abortamento das flores e a formação de grãos de baixo peso e reduzida densidade. Ainda, a doença prejudica a qualidade tecnológica devido a redução de proteínas, celulose, hemicelulose e amido, além de serem tóxicos aos seres humanos e animais devido a presença de micotoxinas produzidas pelo *Fusarium* spp. sendo o mais comumente encontrado no grão de trigo o tricoteceno DON (LIMA; TIBOLA, 2014).

## 2.1 SINTOMAS

O trigo produz múltiplos perfilhos, cada um com uma espiga que emerge a partir da base do colmo. A espiga do trigo é composta por várias espiguetas posicionadas alternadamente ao longo do ráquis da espiga. As espiguetas são compostas por estruturas florais onde desenvolvem-se as sementes. Logo após o florescimento do trigo são percebidos os primeiros sintomas da giberela (SCHMALE III; BERGSTROM, 2003).

Conforme Schmale (2003), quando doentes, as espiguetas demonstram branqueamento prematuro a medida que o patógeno cresce e se dissemina no interior da espiga, podendo também apresentar espiguetas cloróticas localizadas na parte acropetal, mediana ou basipetal da espiga e com o passar do tempo o branqueamento prematuro das espiguetas pode progredir para toda a extensão da espiga.

Os sintomas mais comuns da doença são espiguetas despigmentadas, de coloração esbranquiçada ou cor de palha, que contrastam com o verde normal das espigas sadias. Também é considerado um sintoma cor marrom escuro na gluma e alteração no sentido das aristas de espiguetas afetadas que se desviam das aristas de espiguetas não afetadas (LIMA, 2004).

Em ambiente quente e úmido, podem surgir agregações de esporos de coloração rosa claro a salmão (esporodóquios) no ráquis e nas glumas das espiguetas. Sobre a superfície afetada das espiguetas podem se formar corpos enegrecidos e esféricos no final da estação. Estes corpos são as estruturas sexuais do fungo conhecidos como peritécios. Após o progresso dos sintomas o fungo coloniza o grão em desenvolvimento que no interior da espiga fica enrugado e chocho. Com frequência, os grãos infectados apresentam aparência chocha, murcha, variando de coloração cinza claro, rosada ou castanha (SCHMALE III; BERGSTROM, 2003).

Segundo Zoldan (2008), quando a colonização for lenta, os grãos podem se desenvolver mostrando-se enrugados, chochos, ásperos e róseos. O pedúnculo muitas vezes também pode apresentar os sintomas da giberela, se as primeiras espiguetas afetadas estiverem localizadas na porção inferior da espiga. Na decorrência de produção de macroconídios de *F. graminearum* quando as espiguetas afetadas são de espigas ainda verdes e apresentam coloração salmão, que permanece até o fim do ciclo do trigo e em condições favoráveis os sintomas do patógeno são facilmente visíveis a olho nu.

As espigas afetadas pela giberela, muitas vezes, demonstram sintomas semelhantes aos induzidos por bruzone, ou seja, ocorre descoloração de todas as espiguetas da porção superior da espiga. Nesse caso, o ráquis da espiga afetada por giberela apresenta coloração escura na região das espiguetas sadias e geralmente os grãos oriundos da parte afetada da espiga apresentam os sintomas típicos de giberela. O tamanho do grão afetado varia em função do estágio de desenvolvimento em que a espiguetas foi infectada pelo patógeno (LIMA, 2004).

Segundo Lima (2004), em anos que as condições do ambiente são muito favoráveis para o desenvolvimento da doença ou que apresenta genótipos muito suscetíveis, toda a espiga pode ser afetada, inclusive o pedúnculo que adquire coloração amarronzada.

## 2.2 ETIOLOGIA E EPIDEMIOLOGIA

O agente causal da giberela é o fungo ascomiceto *Gibberella zae* (Schwein.) Petch, forma anamorfa (assexuada) *Fusarium graminearum* Schwabe. É um parasita necrotrófico que sobrevive em restos de cultura e que pode colonizar outros órgãos da planta além das espigas. Além de *F. graminearum*, várias espécies são associadas à doença em cereais, sendo *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. avenaceum* e *F. nivale* as mais relatadas (LIMA; TIBOLA, 2014).

O *Fusarium graminearum* produz os esporos sexuais conhecido como asca. O fungo possui a fase assexuada a qual produz esporos denominados macroconídios e possui a fase sexual que produz esporos denominados de ascósporos. O estágio assexuada (anamorfo) do fungo que causa giberela é *Fusarium graminearum*. Os esporos assexuais são derivados de células produtoras de conídios denominadas de fiálides, a qual, são massas agrupadas em formato de almofadas conhecidas como esporodóquios. O estágio sexual (teleomorfo) do fungo é *Gibberella zae*. O gênero *Gibberella* é pertencente à família Hypocreaceae, caracterizada por apresentar peritécios de coloração brilhante e que frequentemente se

formam em um estroma. Na maturação os peritécios de *G. zeae* possuem coloração negra-azulada. Os ascósporos (esporos sexuais) se formam dentro de sacos conhecidos como ascas e são liberados do peritécio através de uma pequena abertura como ostíolo. Podem variar de coloração castanha a hialinos levemente arredondados e curvados nas extremidades. A grande maioria dos isolados de *F. graminearum* são homotáticos pois possuem capacidade de reproduzir sem um parceiro. Os isolados heterotáticos são pouco comuns, as quais necessitam um parceiro compatível para a reprodução sexual (SCHMALE III; BERGSTROM, 2003).

Conforme Schmale III (2003), *Fusarium graminearum* sobrevive ao inverno em resíduos infectados (palha de trigo, colmo de milho e outros hospedeiros). Os macroconídios são disseminados para as plantas por meio da ação do vento ou respingos da chuva. Em condições de alta umidade e calor o estágio sexual do fungo se desenvolve nos resíduos infectados, a qual, formam peritécios negros na superfície desses resíduos, e forçadamente, liberam os esporos sexuais (ascósporos) no ambiente, podendo ser disseminado por longas distâncias. A infecção ocorre quando os ascósporos e macroconídios se depositam sobre as espigas suscetíveis do trigo, sendo as anteras extrusadas durante a antese do trigo (florescimento) o sítio primário de infecção. Se as anteras são infectadas o fungo irá colonizar e matar as inflorescências, não havendo desenvolvimento desses grãos. Inflorescências que são infectadas mais tardiamente irão produzir grãos chochos e enrugados. Os grãos que são colonizados pelo patógeno durante seu desenvolvimento, embora assintomáticos, podem estar contaminado pela micotoxina DON.

A infecção do patógeno é favorecido por alta umidade (>90%) e por longos períodos de molhamento e temperaturas moderadas a altas (entre 15 a 30°C), sendo que essas condições, quando presentes, antes, durante ou após o florescimento favorecem a produção de inóculo, infecção das anteras e colonização dos grãos (SCHMALE III; BERGSTROM, 2003).

### 2.3 CONTROLE DA GIBERELA

A doença giberela no trigo é de difícil controle, estando altamente relacionada com o ambiente e fatores como resistência da cultivar, níveis de inóculo e práticas culturais. A influência direta na epidemia são temperaturas especialmente entre 15°C e 30°C e duração contínua do molhamento superior a 30 horas durante as fases de floração e de enchimento de grãos do trigo, com isso, ocorre a colonização com senescência prematura dos tecidos da espiga (BERNARDI *et al.*, 2018).

Ainda, sobrevive entre as estações de cultivo como saprófita em resíduos vegetais de culturas hospedeiras e não hospedeiras, que estão dispostos na superfície do solo e que após são liberados e dispersos pela ação do vento e da chuva até o dossel da cultura, com isso o manejo para o controle da giberela atualmente não é totalmente eficaz (DEL PONTE *et al.*, 2004).

Atualmente, existem produtos químicos destinados para o controle da giberela, porém a alternativa mais viável ainda é a aplicação preventiva de fungicidas à base de triazóis, isolados ou em misturas, especialmente diante da previsão de chuvas intensas no período (ANTUNES, 2019).

O uso de fungicidas tem sido recomendado em todo o mundo, enquanto cultivares com alta resistência genética não estão disponíveis no mercado. Alguns fungicidas podem não ser eficazes em casos de epidemias mais graves. Doses mais baixas de fungicidas tendem a aumentar a produção de micotoxinas pelo fungo, porém existem vários fungicidas estudados pelos efeitos no controle de doença e no controle de DON. Os triazóis e as estrobilurinas estão entre os fungicidas mais usados para o controle de *F. graminearum* (BONFADA *et al.*, 2019).

Correa *et al.* (2012), em um experimento conduzido na cidade de Toledo/PR, testaram para o controle de giberela os fungicidas azoxistrobina, tebuconazole, rifloxistrobina+tebuconazole, azoxistrobina+difeconazole e sem fungicida. O menor índice de giberela (0,03%) foi detectado no tratamento com o fungicida trifloxistrobina+tebuconazole, e com uma eficiência de 92,7%. Os tratamentos que foram a base de azoxistrobina+difeconazole, tebuconazole e azoxistrobina não apresentaram diferenças significativas entre si, quando comparadas a testemunha.

Um estudo realizado por Bonfada *et al.* (2019), considerando valores de DON em doses mais altas do princípio ativo piraclostrobina dependendo da dose aplicada e do tempo de aplicação teve efeitos negativos ao reduzir o controle e alterar a produção de toxinas. As estrobilurinas são capazes de induzir o estresse oxidativo em resposta às espécies de *Fusarium* spp. Os triazóis são mais eficientes no controle da giberela e na redução do acúmulo de DON. Entre as estrobilurinas, visto que estão associadas a altos níveis de DON nos grãos, prothioconazol e metconazol foram mais eficazes no controle de giberela e contaminação por DON, a maior dose usada de metconazol aumentou o controle em torno de 77% a 98%. O fungicida carbendazim do grupo químico dos benzimidazóis utilizado no experimento, proporcionou maior controle de doença, porém teve a capacidade de aumentar os níveis de DON nos grãos do trigo, a qual os fungicidas podem atuar como estresse adicional para

estimular a síntese de micotoxina em resposta de defesa. O triazol foi mais eficiente na redução da intensidade da doença no referente estudo.

Em um ensaio conduzido na cidade de Passo Fundo/RS, na qual foi determinada a incidência e a severidade da doença foram utilizados 7 tratamentos, os quais incluíram a testemunha sem fungicida, (tebuconazol + trifloxistrobina), (trioconazol + trifloxistrobina, carbendazim), (piraclostrobina + metconazol + silwet), (piraclostrobina + metconazol) e (piraclostrobina + metconazol). O tratamento contendo (piraclostrobina + metconazol) teve uma maior eficiência, na qual a severidade da doença foi reduzida de 47% da testemunha para 30%, o índice da doença de 46% para 27%, o percentual de grãos giberelados de 81% para 41%, rendimento de grãos de 1.368 kg ha<sup>-1</sup> para 2.109 kg ha<sup>-1</sup>, porém não houve diferença significativa na incidência da doença (SANTANA; LAU; CLEBSCH, 2015).

Segundo Bernardi *et al.* (2018), o período de predisposição da lavoura de trigo a infecção da giberela vai do início da floração (presença de anteras soltas e presas) até o grão leitoso (presença de anteras presas). Com isso, ressalta-se a importância de obter a melhor absorção de fungicidas que está diretamente relacionada com as características dos equipamentos pulverizadores como velocidade dos jatos e tipos de pontas, de modo que direcionem a calda para as laterais das espigas, obtendo um maior controle da doença. Caso as condições climáticas impeçam a realização das aplicações de fungicidas nos períodos indicados, não há possibilidade da doença ser controlada posteriormente.

#### 2.4 MICOTOXINAS PRODUZIDAS PELO COMPLEXO *Fusarium* ssp. E SUA LEGISLAÇÃO

O termo micotoxina é derivada da palavra grega *mikes*, que significa fungo e da palavra latina *toxicum*, que significa veneno. Assim as micotoxinas são traduzidas como substâncias tóxicas formadas durante o crescimento de fungos, que estão diretamente associadas a alterações na natureza física, sabor, odor e aparência dos alimentos (BERNARDI *et al.*, 2018).

Os principais fungos produtores de micotoxinas pertencem aos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*. O gênero *Fusarium* produz uma ampla variedade de micotoxinas, sendo as principais tricotecenos, zearalenona (ZEA) e com menor frequência as fumonisinas. Dentre os tricotecenos mais importantes, pode-se citar os tricotecenos do tipo A desoxinivalenol (DON), o nivalenol (NIV), a toxina T2, e a toxina HT2 (PINHEIRO, 2020).

Conforme Bernardi *et al.* (2018), a principal micotoxina da cultura do trigo, o desoxinivalenol (DON) é integrante da família de micotoxinas denominada tricotecenos. A sua ocorrência está associada à espécie de fungos do complexo *graminearum*, patógenos de plantas encontrados normalmente em cereais, responsáveis pela ocorrência da giberela.

A ingestão da micotoxina DON provoca toxicidade aguda ou até crônica. Os sintomas ocasionados pela ingestão dos tricotecenos em humanos e outros animais são vômitos, diarreia, anorexia, alterações hematológicas, distúrbios neurológicos, destruição da medula óssea e hemorragias generalizadas, podendo ocasionar até a morte (BERNARDI *et al.*, 2018).

Pelo seus efeitos agudos, também é conhecida como nome alternativo vomitoxina que se refere à sua propriedade de causar vômitos, recusa de alimentos associado a perda de peso, e que são os efeitos adicionais produzidos por DON em animais (CALAMARDO; NAVAS; SABINO, 2006).

A DON causa uma disfunção no funcionamento normal das células pela inibição da síntese de proteínas. Os seres humanos que consumirem uma farinha feita de trigo contaminado com DON, geralmente, demonstrarão sintomas de febre, náusea, dor de cabeça e vômito. A contaminação de DON é medida em partes por milhão (ppm). Os níveis de DON em grãos de trigo giberelados (infectados) são frequentemente altos (>20ppm) (SCHMALE III; BERGSTROM, 2003).

Para ter o controle do nível de toxicidade nos alimentos derivados do trigo, o Brasil implantou uma legislação específica para a micotoxina, a qual, foi estabelecida pela Anvisa, a Resolução nº 07/2011 que estabelece o limite de DON para o trigo integral e farelo de trigo de 2.000  $\mu\text{g kg}^{-1}$  e para farinha de trigo 1.750  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (Quadro 1) (BERNARDI *et al.*, 2018).

**Quadro 1 – Limites máximos tolerados para alimentos à base de trigo**

LIMITES MÁXIMOS TOLERADOS (LMT) PARA ALIMENTOS À BASE DE TRIGO					
		2011	2012	2017	2019
Micotoxina	Alimentos	LMT $\mu\text{g kg}^{-1}$	LMT $\mu\text{g kg}^{-1}$	LMT $\mu\text{g kg}^{-1}$	LMT $\mu\text{g kg}^{-1}$
Deoxinivalenol DON	Alimentos à base de cereais para alimentação infantil	200	200	200	200
	Trigo em grãos para posterior processamento	-	-	3.000	3.000
	Trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral e farelo de trigo	-	2.000	1.250	1.000
	Produtos derivados de trigo: farinha, massa, crackers, biscoitos e pão	-	1.750	1.000	750

Fonte: (Resoluções da Diretoria Colegiada (RDCs) da Anvisa números 07/11 e 138/17 *apud* BERNARDI *et al.* 2018.  $1\mu\text{g kg}^{-1}$  = micrograma por quilo.

## 2.5 SISTEMAS DE PREVISÃO DE GIBERELA

Dentre as medidas que atualmente são empregadas no controle da giberela constatou-se que nenhuma tática de manejo isolada é eficiente para minimizar perdas. Com isso um sistema racional para a previsão da epidemia de giberela tem sido vislumbrado por muitos como uma ferramenta de utilidade para agricultores e agentes de extensão no sentido de apoiar a tomada de decisão no controle da doença com fungicidas (DEL PONTE *et al.*, 2004).

De acordo com Bernardi *et al.* (2018), os prognósticos sobre a previsão de chuvas divulgados por institutos oficiais como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) auxiliam a tomada de decisão dos agricultores sobre o melhor momento de controle de doenças da lavoura. No caso da giberela pode ser utilizado a plataforma SISALERT (Sistema de Previsão de Risco de Epidemias de Doenças de Plantas) disponibilizada gratuitamente pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que contém um modelo matemático preditivo calculado a partir da data de início do espigamento. Nesse contexto são consideradas as coletas de dados meteorológicos e processadas as informações para simulação de riscos e epidemias de giberela.

O sistema de previsão visa acompanhar as condições do tempo para prever os momentos de maior risco e com isso orientar a aplicação racional de produtos químicos. Para uma infecção ser bem sucedida em um determinado dia depende de fatores como tecido do hospedeiro, densidade do inóculo, temperatura, precipitação diária e média da umidade relativa em uma janela de 24 horas. Por meio do sistema, essas informações são coletadas por meio de estações meteorológicas da rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e são processadas em modelos computacionais que alertam para as situações de risco (ANTUNES, 2009).

O SISALERT foi desenvolvido no padrão de design MVC (Modelo - Visão - Controle), o qual é um modelo de desenvolvimento de aplicações que utiliza as características da programação dessas três camadas. A parte do modelo representa a “lógica do negócio”, o estado e comportamento dos componentes, gerenciando e conduzindo todas as transformações. A visão disponibiliza os dados em que são produzidos no modelo, gerenciando o que pode ser visto no seu estado, apresentando-os em forma de gráficos, dados tabulados, imagens, através de páginas da Web ou celulares. O controlador determina o fluxo

total da aplicação gerenciando a interação entre o usuário e o sistema (FERNANDES; PAVAN; SANHUEZA, 2007).

O desenvolvimento do sistema foi baseado principalmente na linguagem de programação Java. A plataforma possui cinco servidores: servidor de gerenciamento de dados meteorológicos (WDMS), servidor de banco de dados (DBS), servidor de modelo de previsão de doenças (DFMS), servidor web (WS) e modelo de cultura servidor (CMS). O WDMS consiste em um módulo de recuperação de sites do clima e com isso atualizando os dados do DBS. O módulo de recuperação de dados procura por um arquivo da estação no diretório de script para acessar a estação meteorológica automatizada via internet fornecida pelo INMET.

Já o DBS armazena os dados meteorológicos, bem como os indicadores de estação meteorológicas e do tempo de execução de parâmetros como cultivar, data de plantio, safra anterior e outros dados utilizados pelo CMS. Os dados meteorológicos coletados são utilizados para gerar alertas de epidemias na lavoura do trigo. Ainda, além de definir uma estação meteorológica no banco de dados, o sistema também permite o usuário inserir seus próprios dados meteorológicos como precipitação, temperatura, umidade relativa, personalizando os resultados para condições mais específicas do local. O sistema usa dados diários ou de hora em hora do DWS e DFMS que produz o índice de risco de infecção diário usando riscos quase em tempo real e antecipados pela combinação do histórico com previsão do tempo numérica de sete dias (FERNANDES; PAVAN; SANHUEZA, 2011).

O objetivo desse modelo de previsão é ajudar os produtores a avaliar o risco da ocorrência da giberela na região. Para isso, os usuários são solicitados a identificar a data de floração de sua lavoura e através disso o sistema gera os dados de risco através de gráficos e mapas. Os mapas de riscos finais são feitos por camadas de transparência de cores que se sobrepõe a um mapa geográfico entregue na web. Portanto, é importante que os produtores monitorem cuidadosamente as condições da lavoura para avaliar a necessidade potencial do uso de fungicidas. Ainda, os mapas podem ser úteis para o ajuste fino do zoneamento de trigo e para a identificação de pós-colheita em áreas de menor ou maior risco de contaminação por micotoxinas (FERNANDES; PAVAN; SANHUEZA, 2011).

A giberela é uma doença que pode-se realizar previsões de sua ocorrência devido aos curtos períodos para esporulação, dispersão do patógeno e infecção do hospedeiro, fatores que acarretam no desenvolvimento da epidemia. Os modelos de previsão para a giberela foram desenvolvidos e estão sendo aplicados como uma ferramenta de manejo da doença. Os modelos incorporam fatores como umidade, chuva, temperatura, produção de inóculo e

desenvolvimento da planta para a predição da severidade da giberela e também podem auxiliar no manejo da doença para racionalizar as aplicações de fungicidas (SCHMALE III; BERGSTROM, 2003).

Desde o ano de 2018 esse sistema está em funcionamento na plataforma AGROCONNECT no site do Ciram (<http://www.ciram.sc.gov.br/agroconnect/>) para as cidades que possuem a estação meteorológica da Epagri/Ciram e estão no zoneamento climático para o cultivo do trigo. Através do sistema as informações como umidade relativa do ar, temperatura e duração de período de molhamento foliar são coletadas por estações meteorológicas e processadas em modelos computacionais que alertam para as situações de risco para infecção do fungo utilizando quatro cores: sem risco (verde), risco leve (amarelo), risco moderado (laranja) e risco severo (vermelho). Com isso o sistema permite acompanhar as condições do tempo para prever os momentos de maior risco e orientar a aplicação racional de produtos químicos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2019/20 na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) localizada na cidade de Chapecó, SC, Brasil (27°06'34''S; 52°40'18'' O e altitude de 623 m), em Latossolo Vermelho distroférico típico, clima mesotérmico úmido com verão quente (Cfa). A cultivar de trigo BRS 374 suscetível a giberela, na densidade de 330 sementes viáveis m<sup>2</sup> foi semeada em Sistema Plantio Direto com 300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 8-30-20 no sulco de semeadura e adubação nitrogenada parcelada em três vezes, sendo a primeira no início do perfilhamento, a segunda no início do alongamento e a terceira no emborrachamento. O experimento foi semeado no dia 01/06/2019 com delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e parcelas com 1,0mx5,0m (5 linhas).

O tratamento de sementes e a condução do ensaio seguiram recomendações da Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale, (2017), exceto para o controle de doenças foliares realizados no perfilhamento (3.0), alongamento (6.0) e emborrachamento (10.0) (LARGE, 1954), com os fungicidas: 500 ml ha<sup>-1</sup> Fox XPro (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen) + 250ml ml ha<sup>-1</sup> Aureo (óleo metilado de soja); 1,2 L ha Ativum (epoxiconazol + fluxapiróxade + piraclostrobina) + 0,5 L ha<sup>-1</sup> Assist e 500 ml ha<sup>-1</sup> Fox XPro (trifloxistrobina + protioconazol + bixafen) + 250 ml ha<sup>-1</sup> Aureo (óleo

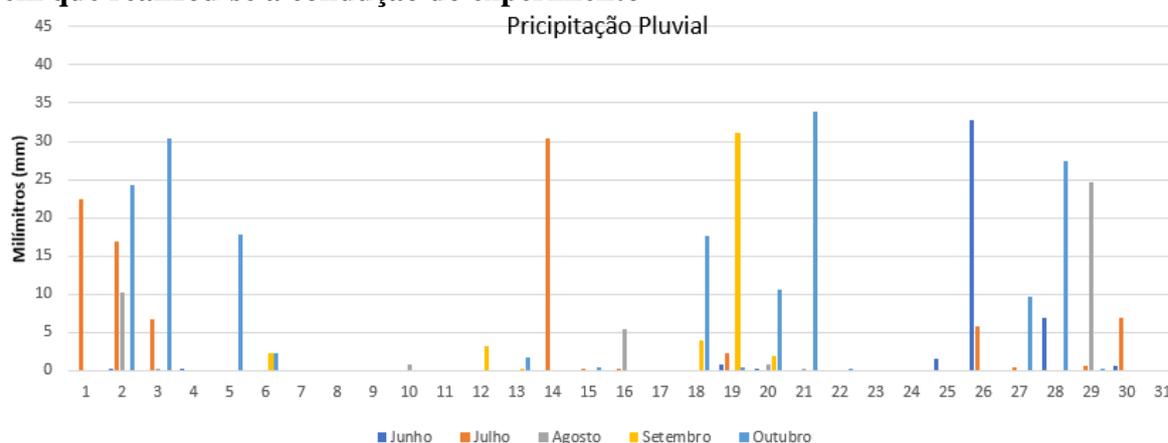
metilado de soja) aplicações fixas. Os tratamentos adicionais para controle da Giberela foram aplicados a partir do estágio 10.5 (início do florescimento) da escala de Feekes e Large (LARGE, 1954) até no máximo 21 dias após o início do florescimento, com volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, utilizando os fungicidas Bendazol (carbendazim) 600 ml ha<sup>-1</sup> (1º adicional) e Tebufort (tebuconazole) 750 ml ha<sup>-1</sup> (2º e 3º adicionais).

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal pressurizado com CO<sub>2</sub>, formando gotas médias e volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>.

Os tratamentos foram compostos por aplicações de fungicidas em diferentes estágios, fixas ou condicionadas ao alerta pelo sistema de previsão (SP): TRAT A: testemunha sem aplicação; TRAT B: aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0; TRAT C: aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 (+ uma adicional no reprodutivo); TRAT D: aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 (+ duas adicionais no reprodutivo); TRAT E: aplicações 3.0, 6.0 e 10.0 (+ três adicionais no reprodutivo); TRAT F: aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 (+ uma adicional no reprodutivo condicionada ao alerta do SP); TRAT G: aplicações em de 3.0, 6.0 e 10.0 (+ duas adicionais no reprodutivo condicionada ao alerta do SP); TRAT H: aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 (+ no máximo três aplicações adicionais no reprodutivo condicionada ao SP). O modelo de previsão para Giberela foi desenvolvido pela Embrapa Trigo e Universidade de Passo Fundo (UPF) e incorporado no sistema da Epagri tomando como base o risco moderado de infecção ou superior.

A precipitação pluvial ocorrida durante o desenvolvimento do experimento não apresentou-se propício para a desenvolvimento da giberela (Gráfico 1).

**Gráfico 1 – Precipitação pluvial em dias ocorrida durante os meses de junho à outubro em que realizou-se a condução do experimento**



Fonte: INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) – Estação 1518 – Chapecó/SC.

O período de maior suscetibilidade para o desenvolvimento da giberela (início do florescimento até o enchimento de grãos) ocorreu em meados do mês de agosto à setembro, sendo que esse período apresentou-se com baixa precipitação pluviométrica e chuvas mal distribuídas. Para o mês de agosto ocorreu uma precipitação de 42,2mm e para o mês de setembro 42,8mm, segundo INMET, estação 1518 de Chapecó/SC.

Foram avaliados os caracteres umidade dos grãos que foi convertida para 13%, peso do hectolitro (PH, em kg hl<sup>-1</sup>) e peso de mil grãos (PMG). Para as análises de desoxinivalenol (DON) foram utilizados o teste de ELISA alta sensibilidade da Neogen do Brasil, Indaiatuba/SP (Veratox HS para DON). A avaliação do complexo de *Fusarium* spp. em grãos de trigo foi realizada em 400 grãos assintomáticos por parcela em meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar). Cada litro do meio foi preparado com o líquido resultante do cozimento de 140g de batata em um litro de água destilada, onde adicionou-se 10g de dextrose e 15g de ágar. Após a autoclavagem, e antes de distribuí-lo nas placas, previamente esterilizadas, foi acrescentado ao meio, em temperatura aproximada de 50°C, sulfato de streptomicina (0,12g 10 ml<sup>-1</sup> de água).

A assepsia dos grãos foi realizada com solução de hipoclorito de sódio a 1%, por dois minutos, seguida de enxágue em água destilada estéril, e remoção do excesso de umidade em papel filtro estéril. O plaqueamento foi efetuado em placas de vidro de 9 cm de diâmetro, onde em cada uma, distribuiu-se dez grãos, de maneira equidistante. A incubação ocorreu em BOD, com temperatura de 25 °C ± 2 °C. As placas foram agrupadas de acordo com as subparcelas e distribuídas, ao acaso, em bancadas com fotoperíodo de 12 horas, obtido por lâmpadas fluorescente, luz branca, com duas lâmpadas de 20 W, totalizando 40 W. Após, seis dias de incubação, a identificação foi feita através de microscópio estereoscópico, com base nas características morfológicas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e verificadas as pressuposições de homogeneidade de variâncias e distribuição normal dos resíduos. Por não atender a estas pressuposições, a variável DON foi submetida ao teste não paramétrico de múltiplas comparações de Friedman. Todas as análises foram realizadas com 5% de significância utilizando-se o ambiente R.

#### **4 RESULTADOS**

Através dos resultados obtidos foram observados diferenças significativas entre os tratamentos para rendimento de grãos e peso de mil grãos (Tabela 1).

**Tabela 1 – Médias das características avaliadas em grãos de trigo em experimento realizado para avaliar o efeito de estratégias de pulverizações no controle de Giberela na parte aérea sobre rendimentos de grãos, peso de mil grãos (PMG), peso do hectolitro (PH), índice de desoxinivalenol (DON) e *Fusarium* spp. nos grãos**

Tratamentos <sup>1</sup>	Rendimento <sup>2</sup> (sc ha <sup>-1</sup> )	PMG <sup>2</sup> (g)	PH <sup>2</sup>	DON (ppb) <sup>3</sup>	<i>Fusarium</i> spp. grãos (%) <sup>4</sup>
TRAT A	59,6175 b	22,8725 b	72,3400 c	1639,25 a	2,6275 n/s
TRAT B	85,5200 a	29,0450 a	75,5275 b	1078,75 abc	2,4425
TRAT C	84,9375 a	30,6175 a	76,5925 a	946,00 abc	2,7475
TRAT D	87,3800 a	29,9925 a	76,8925 a	1091,25 abc	3,2725
TRAT E	85,8575 a	30,2100 a	77,3625 a	415,25 c	2,4000
TRAT F	85,1725 a	30,4075 a	76,0400 b	1470,50 ab	3,4775
TRAT G	83,9100 a	28,8075 a	75,6600 b	825,25 bc	3,2975
TRAT H	82,9375 a	29,5875 a	76,6200 a	971,75 abc	3,1475
CV (%)	4,85	4,22	0,82	49,41	33,82

(1) TRAT A: testemunha (sem aplicação); TRAT B: aplicações somente no vegetativo; TRAT C: aplicações no vegetativo + uma adicional no reprodutivo; TRAT D: aplicações no vegetativo + duas adicionais no reprodutivo; TRAT E: aplicações no vegetativo + três adicionais no reprodutivo; TRAT F: aplicações no vegetativo + no máximo uma adicional no reprodutivo (Sistema de previsão); TRAT G: aplicações no vegetativo + no máximo duas adicionais no reprodutivo (Sistema de previsão); TRAT H: aplicações no vegetativo + no máximo três adicionais no reprodutivo (Sistema de previsão). CV(%): coeficiente de variação experimental para a análise de variância. (2) Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade erro. (3) Teste não paramétrico de múltiplas comparações de Friedman. (4) n/s: diferenças não significativas pelo F-Teste a 5% de probabilidade de erro.

Considerando-se os valores absolutos, o rendimento de grãos e peso de mil grãos foi maior para todos os fungicidas em todos os tratamentos, quando comparados com a testemunha. Esse resultado sugere que a aplicação de fungicidas em plena floração do trigo é uma prática economicamente recomendável, pelo aumento significativo do rendimento de grãos em relação a testemunha, mesmo que a eficiência de controle não ultrapasse 70% de eficácia no campo, devido à dificuldade de cobertura das anteras pelo fungicida (CASA *et al.*, 2004).

O Tratamento D, obteve o melhor resultado para rendimento de grãos entre os demais tratamentos, com 87,38 sc ha<sup>-1</sup>, a qual teve aplicações na fase vegetativa do trigo e mais duas aplicações adicionais na fase reprodutiva. Para o peso de mil grãos, todos os tratamentos que obtiveram a aplicação de fungicidas apresentaram valores muito semelhantes, porém, superiores quando comparados com a testemunha sem aplicação de fungicida.

A redução do rendimento de grãos está relacionada diretamente com a severidade da doença na espiga, que por sua vez, relaciona-se com a precipitação pluvial ocorrida durante e depois do período da antese. Além de danos quantitativos, o fungo também provoca danos qualitativos nos grãos de trigo, onde a presença do fungo pode levar a produção de micotoxinas, sendo umas das mais importantes a micotoxina desoxinivalenol (DON) (CASA *et al.*, 2004).

Resultados descritos por Correa *et al.* (2012), em experimento conduzido na cidade de Toledo/PR, os tratamentos utilizados para o controle de giberela foram azoxistrobina, tebuconazole, trifloxistrobina+tebuconazole, azoxistrobina+difeconazole e testemunha sem fungicida, para a variável peso de mil grãos também não houve diferença entre os fungicidas testados, na qual, somente a testemunha diferiu significativamente.

Para PH, apresentou-se valores superiores com aplicações no estágio vegetativo e de uma a três aplicações no estágio reprodutivo (Tabela 1). Os tratamentos C, D, E e H obtiveram os melhores resultados, quando comparados com os tratamentos restantes.

Relatos citados na literatura já descrevem que a aplicação de fungicida proporciona uma redução significativa da doença, com isso, é crucial a necessidade de aplicação de fungicidas no momento da antese, para o controle da doença (BONFADA, 2018).

Para a micotoxina desoxinivalenol (DON), os tratamentos demonstraram diferenças significativas entre si, a qual, foi observado os menores valores para o Tratamento E que obteve aplicações no estágio vegetativo + três adicionais no reprodutivo (415 ppb), que apresentou valores de DON 58,5% menores para farinha de trigo integral que rege a legislação brasileira, embora o efeito do tratamento não esteja bem definido devido ao período de pequenas estiagens observadas durante o experimento. De forma preliminar, a combinação de benzimidazóis e triazóis utilizados nos tratamentos C, D e E na fase reprodutiva da cultura do trigo reduziram a quantidade de DON na farinha de trigo integral. Os triazóis e os benzimidazóis, especialmente o carbendazim, são usados no Brasil desde 1990 e 1981 (DEUNER *et al.*, 2011), respectivamente. Dentre os fungicidas mais eficazes para controlar giberela e reduzir níveis de DON na cultura do trigo, destacam-se os do grupo dos triazóis e triazolintiona (DMI - inibidores da demetilação), os quais são os mais recomendados para o controle da doença no mundo (CHEN *et al.* 2012; WILLYERD *et al.* 2012).

Em um experimento conduzido na cidade de Coxilha/RS, a qual objetivou-se avaliar a eficiência de fungicidas para o controle da giberela, foram encontrados os menores níveis de DON para o ingrediente ativo trifloxistrobina + prothioconazol o qual reduziu 74,24% os níveis

de DON em relação à testemunha. O ingrediente ativo carbendazim reduziu 73,12% em relação à testemunha. O ingrediente ativo piraclostrobina + metconazol reduziu 58,7% em relação à testemunha. Nesse experimento foram realizadas duas aplicações, sendo uma quando as plantas apresentavam entre 25 a 50% do florescimento e a segunda aplicação de 7 a 10 dias após a primeira aplicação (SANTANA; LAU; CLEBSCH, 2015).

O uso de triazóis pertencentes a classe de inibição biossíntese de esteróis, inibem o citocromo P450 esterol-14 $\alpha$ -desmetilase (CYP51), uma enzima que é essencial para a biossíntese do ergosterol que atua alterando a integridade dos fungos, sendo possível controlar fases mais avançadas do seu ciclo. Os fungicidas do grupo químico dos benzimidazóis (carbendazim) agem sobre a integridade da tubulina, interferindo diretamente na divisão celular (mitose) (BONFADA, 2018).

Em um estudo conduzido por Santana *et al.* (2012), utilizando a cultivar BRS 208 que também é suscetível a giberela, dos resultados obtidos foi possível avaliar que todos os fungicidas que foram testados reduziram a ocorrência da giberela, implicando diretamente na manutenção da produtividade, resultados que ao ser confrontado com o presente trabalho, se demonstram semelhantes, pois todos os tratamentos reduziram a ocorrência da giberela. Os tratamentos foram conduzidos com fungicidas do grupo benzimidazol, triazol isoladamente e em mistura com fungicidas do grupo das estrobilurinas.

Na região sul do Brasil a estratégia de aplicar triazol, benzimidazol ou pré-misturas com estrobilurinas é generalizada, onde os produtores de trigo buscam realizar aplicações sequenciais, alternando-os entre a primeira e a segunda aplicação, para a obtenção de um melhor controle, melhor rendimento e através disso, conseguir preços melhores, devido à redução de DON de cereais colhidos. Entre as opções disponíveis para otimizar o controle químico da giberela, é indicado pelo menos uma aplicação durante o florescimento de um fungicida do grupo químico triazol (MACHADO *et al.* 2017).

Entre os fungicidas utilizados dentro um grupo químico, ou seja, de forma isolada, os mais potentes são o protioconazol e a piraclostrobina, sendo assim, sua mistura mais indicado para os produtores (AVOZANI; REIS; TONIN, 2014).

No trabalho de Butrinowski (2015), que objetivou avaliar a eficiência dos fungicidas protioconazol e metconazol utilizando a cultivar Ametista, (moderadamente suscetível a giberela), os tratamentos contaram com uma testemunha sem aplicações de fungicidas e de uma e duas aplicações de protioconazol + trifloxistrobina e de uma e duas aplicações de metconazol + piraclostrobina. A partir dos resultados, o estudo confirmou o melhor controle

da giberela com a aplicação do fungicida metconazol + piraclostrobina com uma e duas aplicações, reduzindo a incidência de 100% para 63,3%, mesmo apresentando baixa eficiência de controle da doença (37%).

Com relação aos resultados obtidos para *Fusarium* ssp. nos grãos, os tratamentos não demonstraram diferenças significativas entre si, porém entre os valores apresentados foi possível observar valores menores com aplicações no estágio vegetativo e com mais três aplicações adicionais (Tabela 1). Os tratamentos B (aplicações no vegetativo) e E (aplicações no vegetativo + três adicionais no reprodutivo) apresentaram os menores valores de incidência extraído das sementes quando comparados ao restante dos tratamentos. De forma geral, os resultados obtidos para *Fusarium* ssp. nos grãos não apresentam-se bem definidos, pois o ano em que foi conduzido o respectivo experimento apresentou pequenos períodos de estiagens e também não houve alerta no sistema de previsão por não ter apresentado ambiente propício para o desenvolvimento do fungo, segundo a plataforma AGROCONNECT.

O meio de cultura BDA utilizado para avaliação do complexo *Fusarium* spp. é um dos métodos mais utilizados para a quantificação de *Fusarium* ssp. nos grãos, sendo recomendado pelo Manual de Análise Sanitária de Sementes para detectar patógenos em sementes de trigo. As sementes são consideradas um dos métodos mais eficazes de disseminação de patógenos, e o *F. graminearum* é um patógeno necrotrófico e sobrevive saprofiticamente em resíduos de milho, em outras espécies de plantas hospedeiras e em sementes, onde o patógeno é descrito colonizando todas as partes da semente, incluindo o embrião, perisperma, endosperma, tegumento da semente e pericarpo. Na literatura consta que testes realizados para verificar a eficiência do meio de cultura BDA, demonstrou-se o mais eficiente na detecção do *F. graminearum* (CAMARGO; MORAES; MENTEN, 2017).

A importância de avaliar as condições de sanidade de uma amostra de sementes com a realização da detecção do patógeno, visa a utilização de sementes livres do fungo, sendo uma medida para diminuir a fonte de inóculo no campo. Com isso, o tratamento químico, é o método mais comumente utilizado para diminuir a incidência do patógeno, a fim de reduzir a quantidade do patógeno nas sementes (JÚNIOR; VECHIATO; MENTEN, 2008).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora não tenha sido possível avaliar a eficácia do sistema de previsão, foi possível através do presente trabalho verificar que os fungicidas utilizados aumentam o rendimento de

grãos e peso de mil grãos e diminuem a quantidade de DON, em relação à testemunha. Para PH os tratamentos C (aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 + uma adicional no reprodutivo), D (aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 + duas adicionais no reprodutivo), E (aplicações 3.0, 6.0 e 10.0 + três adicionais no reprodutivo) e H (aplicações em 3.0, 6.0 e 10.0 + no máximo três aplicações adicionais no reprodutivo condicionada ao SP) obtiveram os melhores resultados. O sistema de previsão não acionou alerta para aplicação preventiva pois não apresentou-se ambiente propício para o desenvolvimento do fungo, sendo que o ano de 2019 apresentou períodos de pequenas estiagens. Para aprofundar a temática do sistema de previsão, é necessário a condução de mais estudos relacionados ao mesmo, principalmente em períodos com maior índice de precipitação.

## REFERÊNCIAS

- ABITRIGO. Produção Mundial de Trigo – 2015 a 2020. **Abitrigo**. 2021. Disponível em:< <http://www.abitrigo.com.br/wp-content/uploads/2019/09/Produ%C3%A7%C3%A3o-Mundial-de-Trigo-1.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2021.
- ANTUNES, Joseani M. Pesquisa e setor produtivo buscam conter micotoxinas no trigo. **Revista Cultivar**. Pelotas/RS, set. 2019. Disponível em:< <https://www.grupocultivar.com.br/noticias/pesquisa-e-setor-produtivo-buscam-conter-micotoxinas-no-trigo>>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- ANTUNES, Joseani M. Sisalert: Ferramenta auxilia prever risco de doenças em plantas. **Embrapa**. Brasília/DF, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/18054780/sisalert--ferramenta-auxilia-prever-risco-de-doencas-em-plantas#:~:text=Segundo%20o%20coordenador%20do%20projeto,distribui%20o%20alerta%20aos%20usu%C3%A1rios>>. Acesso em: 10 set. 2020.
- AVOZANI, Aveline; REIS, Erlei Melo; TONIN, Rosane Baldiga *In vitro* sensitivity reduction of *Fusarium graminearum* to DMI and QoI fungicides. **Summa phytopathol**. Vol. 40, n.4. Botucatu/SP, Dez. 2014. Disponível em:< <https://www.scielo.br/pdf/sp/v40n4/a10v40n4.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2020.
- BERNARDI, Carolina Maria Gil; RESENDE, Denise de Oliveira; ALBUQUERQUE, Ana Christina Sagebin; TIBOLA, Casiane. Cartilha do Agricultor Micotoxinas no trigo. **Abitrigo/Embrapa**. São Paulo, 2018. Disponível em:< [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/culturas-de-inverno/2018/58aro/cartilha-micotoxinas\\_site.pdf/@@download/file/cartilha-micotoxinas\\_site.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/culturas-de-inverno/2018/58aro/cartilha-micotoxinas_site.pdf/@@download/file/cartilha-micotoxinas_site.pdf)>. Acesso em: 24 ago. 2020.
- BONFADA, Éverson Bilibio; HONNEF, Daniela; FRIEDRICH, Maria Tereza, BOLLER, Walter; DEUNER, Carolina Cardoso. Performance of fungicides on the control of fusarium head blight (*Triticum aestivum* L.) and deoxynivalenol contamination in wheat grains.

**Summa Phytopathol.** Botucatu/SP, v. 45, n. 4, p. 374-380, 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/sp/v45n4/1980-5454-sp-45-4-0374.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

BONFADA, Éverson Bilibio. Giberela em trigo: controle químico e tecnologia de aplicação de fungicidas. **Universidade de Passo Fundo**. Passo Fundo/RS, 2018. Disponível em:<<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/1451/2/2018EversonBilibioBonfada.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

BUTRINOWSKY, Ricardo Tavares. Novas tecnologias para o controle da giberela do trigo na safra de 2014 no sudoeste do Paraná. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Pato Branco/PR, 2015. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1719/1/PB\\_PPGAG\\_M\\_Butrinowski%2C%20Tavares%20Ricardo\\_2015.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1719/1/PB_PPGAG_M_Butrinowski%2C%20Tavares%20Ricardo_2015.pdf)>. Acesso em: 08 nov. 2020.

CALAMARDO, Leda C. A.; NAVAS, Sandra A.; SABINO, Mirna. Deoxinivalenol em trigo e farinha de trigo comercializados na cidade de São Paulo. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 65, n. 1, p. 32-35, 2006. Disponível em:<<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v65n1/v65n1a06.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

CAMARGO, Meyrielle Pires de; MORAES, Maria Heloisa Duarte de; MENTEN, José Otavio Machado. Efficiency of Blotter test and agar culture medium to detect *Fusarium graminearum* and *Pyricularia grisea* in wheat seeds. **Journal of Seed Science**. v.39, n.3, p.297-302, Piracicaba/SP, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/jss/v39n3/2317-1545-jss-39-03-00297.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CASA, Ricardo Trezzi; REIS, Erlei M.; BLUM, Marta M. C.; BOGO, Amauri; SCHEER, Oldemar; ZANATA, Tiago. Danos Causados pela Infecção de *Gibberella zeae* em Trigo. **Fitopatologia Brasileira**. 29:289-293, jun. 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/fb/v29n3/20363.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CHEN, Yu; ZHANG, Ai Fang; GAO, Tong Chun; ZHANG, Yong; WANG, Wen Xiang; DING, Ke Jian; CHEN, Li; SUN, Zhong; FANG, Xin Zhou; ZHOU, Ming Guo. Integrated use of pyraclostrobin and epoxiconazole for the control of *Fusarium* head blight of wheat in Anhui province of China. **Plant Disease**, v. 96, p. 1495–1500, 2012. Disponível em:<<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-01-12-0099-RE>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

CORREA, Daiane; JUNIOR, Juarez de Marco, NAKAI, Everton Hirochi. Desempenho de diferentes formulações de fungicidas no controle de giberela do trigo. **Acta Iguazu**. Cascavel/PR, v.1, n.4, p. 72-77, 2012. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/7768/5737>>. Acesso em: 18 set. 2020.

DEL PONTE, Emerson Medeiros; FERNANDES, J. Maurício C.; PIEROBOM, Carlos R.; BERGSTROM, Gary C. Giberela do Trigo – Aspectos Epidemiológicos e Modelos de Previsão. **Fitopatologia Brasileira**. v. 29, n. 6, p. 587-605, jun. 2004. Disponível em:<<https://www.scielo.br/pdf/fb/v29n6/a01v29n6.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2020.

DEUNER, C. T., VIANA, E., DE ROSSI, R. L. & CAMERA, J. Fungicidas indicados pela pesquisa, momento da aplicação e eficiência do controle de giberela na cultura do trigo, in:

REIS, E. M. (Eds). **Seminário sobre giberela em cereais de inverno: coletânea de trabalhos**. Passo Fundo: Bertier. p. 215-234, 2011.

FERNANDES, José Mauricio Cunha; PAVAN, Willingthon, SANHUEZA, Rosa Maria. Sisalert - A generic web-based plant disease forecasting system. **Embrapa Trigo**. Passo Fundo/RS, 2011. Disponível em:<  
[https://www.researchgate.net/publication/281592703\\_SISALERT-A\\_generic\\_web-based\\_plant\\_disease\\_forecasting\\_system](https://www.researchgate.net/publication/281592703_SISALERT-A_generic_web-based_plant_disease_forecasting_system)>. Acesso em: 12 set. 2020.

FERNANDES, José Mauricio Cunha; PAVAN, Willingthon, SANHUEZA, Rosa Maria Valdebenito. Uso da informática na PI: SisAlert um estudo de caso. **IX Seminário Brasileiro de Produção Integrada de Frutas, I Seminário sobre Sistema Agropecuário de Produção Integrada**. 2007. Disponível em:<  
[http://www.abpm.org.br/portugues/eventos/mensagemabpm844\\_2007\\_materialeseminariosago2007/seminariopim\\_agosto2007/palestras.pdf#page=17](http://www.abpm.org.br/portugues/eventos/mensagemabpm844_2007_materialeseminariosago2007/seminariopim_agosto2007/palestras.pdf#page=17)>. Acesso em: 20 set. 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapa das Estações**. 2019. Disponível em:<  
<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A895>>. Acesso em: 02 fev. 2021.

JÚNIOR, Daniel Garcia; VECHIATO, Marta Helena; MENTEN, José Otávio Machado. Comparação de métodos para a detecção de *Fusarium graminearum* em sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Summa Phytopathol.** v. 34, n. 2, p. 164-167, Butucatu/SP, 2008. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/sp/v34n2/10.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2020.

LIMA, Maria Imaculada Pontes Moreira. Giberela ou Brusone? Orientações para a identificação correta dessas enfermidades em trigo e em cevada. **Embrapa**. p. 15, 17. Passo Fundo/RS, dez. 2004. Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/849828/1/CNPTDOC.5104.pdf>  
f. Acesso em: 19 ago. 2020.

LIMA, Maria Imaculada Pontes Moreira; TIBOLA, Casiane Salete. Giberela no trigo: Solução pendente. **Revista Cultivar**. Pelotas/RS, ed. 175, p. 10-11, 2014. Disponível em:<  
<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/giberela-em-trigo-solucao-pendente>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

MACHADO, Franklin Jackson; SANTANA, Flávio Martins; LAU, Douglas; DEL PONTE, Emerson Medeiros. Quantitative Review of the effects of Triazole and Benzimidazole Fungicides on Fusarium Head Blight and wheat Yield in Brazil. **Plant Disease**. Minas Gerais/MG, set. 2017. Disponível em:< <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-03-17-0340-RE>>. Acesso em: 22 nov. 2020.

PINHEIRO, Mariana. Diversidade fúngica e perfil de contaminação por tricotecenos do tipo B em grãos de aveia recém-colhidos no Brasil. **Universidade Estadual de Campinas**. Campinas/SP, 2020. Disponível em:  
[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/339638/1/Pinheiro\\_Mariana\\_M.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/339638/1/Pinheiro_Mariana_M.pdf). Acesso em: 15 ago. 2020.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 10., 2016, Londrina. Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2017. **Londrina: Embrapa Soja**. 2017. 240 p. (Embrapa). Disponível em:<  
<http://www.iapar.br/arquivos/File/banner%20pequeno/TrigoeTriticale2017.pdf>> Acesso em: 15 set. 2020.

SANTANA, Flávio Martins; LAU, Douglas; MACIEL, João L. N.; CARGNIN, Adelião; SEIXAS, Claudine D. S.; BASSOI, Manoel C.; SCHIPANSKI, Carlos A.; FEKSA, Heraldo; CASA, Ricardo T.; WESP, Caroline; NAVARINI, Lucas; BLUM, Marta. Eficiência de fungicidas para controle de giberela em trigo: Resultados dos ensaios cooperativos – safra 2011. **Embrapa Trigo**. Nov. 2012, Passo Fundo/RS. Disponível em:<  
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104867/1/2012-comunicado-tecnico-23.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2020.

SANTANA, Flávio Martins; LAU, Douglas; CLEBSCH, Cláudia Cristina. Eficiência de fungicidas para o controle de giberela em trigo: ensaios cooperativos – safra – 2015, Coxilha, RS. **Embrapa Trigo**. Passo Fundo/RS, 2015. Disponível em:  
 <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158082/1/ID43999-2016RCBPTT10FLAVIO24.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2020.

SANTANA, Flávio Martins; LAU, Douglas; SBALCHEIRO, Cheila Cristina; SCHIPANSKI, Carlos Andre; VENANCIO, Wilson Story; DALLAGNOL, Leandro Jose; GUTERRES, Caroline Wesp; JUNIOR, Paulo Roberto Kuhnem; CHAGAS, Débora Fonseca. Eficiência de fungicidas para o controle de giberela do trigo: resultados dos Ensaios Cooperativos – Safra 2018. **Circular Técnica 52 Embrapa**. Passo Fundo, jun. 2018. Disponível em:<  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1124186/1/CirTec52-Flavio.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

SCHMALE III, David G.; BERGSTROM, Gary C. Giberela ou fusariose da espiga do Trigo. **The American Phytopathological Society (APS)**. Portuguese Translation by Emerson M. Del Ponte 2006. 2003. Disponível em:<  
<https://www.apsnet.org/edcenter/disandpath/fungalasco/pdlessons/Pages/FusariumPort.aspx>>. Acesso em: 15 out. 2020.

TIBOLA, Casiane Salete; LORINI Irineu; MIRANDA, Marta Zavariz de. Boas práticas e sistema APPCC na pós-colheita de trigo. **Embrapa**. Passo Fundo/RS, nov. 2009. Disponível em: <  
[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do105.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do105.pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2020.

WILLYERD, K. T., LI, C., MADDEN, L. V., BRADLEY, C. A., BERGSTROM, G. C., SWEETS, L. E., et al.. Efficacy and stability of integrating fungicide and cultivar resistance to manage Fusarium head blight and deoxynivalenol in wheat. **Plant Disease**, v. 96, p. 957–967, 2012.

ZOLDAN, Sandra Maria. Regiões de risco, caracterização da antese em cereais de inverno e sistema de alerta para giberela, em trigo. **Universidade de Passo Fundo**. Passo Fundo/RS, mar. 2008. Disponível em:<  
<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/404/1/2008SandraMariaZoldan.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2020.