UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RENATA PIZZATTO CONTINI

ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MINIMIZAR PERDAS DE PRODUTIVIDADE DO TRIGO EM DECORRÊNCIA À BRUSONE.

CURITIBA

2024

RENATA PIZZATTO CONTINI

ESTRATÉGIAS DE MANEJO PARA MINIMIZAR PERDAS DE PRODUTIVIDADE DO TRIGO EM DECORRÊNCIA À BRUSONE.

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.
Orientador(a): Prof(a). Me.: Monalisa Cristina De Cól

CURITIBA

2024

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Neucir e Neiva, por todo o suporte, apoio e incentivo para realização dos meus sonhos.

Ao meu companheiro, Mateus, pelo constante apoio, por me ouvir e por me ajudar sempre que necessário.

À minha orientadora, Monalisa, por contribuir no meu aprendizado, por seu incentivo, paciência e dedicação.

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de concluir o curso de pós-graduação.

A todos os amigos e familiares, pelo apoio emocional e contribuição durante esta etapa.

RESUMO

O trigo é uma das culturas mais antigas do mundo e atualmente está entre os três cereais mais consumidos no planeta. Altas temperaturas associadas a elevados índices pluviométricos são fatores determinantes para a ocorrência de brusone, uma doença causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* linhagem Triticum, capaz de reduzir em 100% a produtividade das lavouras de trigo. Para combater a brusone no trigo algumas estratégias podem ser adotadas, dentre elas, a utilização de cultivares resistentes como aqueles que apresentam o gene 2NS, uma translocação cromossômica capaz de conferir resistência ao patógeno. Além disso, o adiamento da data de plantio faz com que o espigamento ocorra em épocas com baixas temperaturas e baixa umidade relativa o que reduz a intensidade da doença. A aplicação de fungicidas também é considerada uma estratégia para controle da doença, principalmente quando realizadas misturas de QoL + DMI + multissítios. Entretanto, devido ao surgimento da resistência de fungicidas, ferramentas como modelos de predição são recursos importantes, uma vez que, tornam possível prever períodos de maior ou menor infecção fazendo com que a aplicação de fungicidas ocorra de maneira eficaz. Com base nisso, o objetivo desta revisão bibliográfica é fornecer informações relacionadas ao manejo de brusone na cultura do trigo.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. *Pyricularia oryzae*. Fitopatologia.

ABSTRACT

Wheat is one of the oldest crops in the world and is currently among the three most consumed cereals on the planet. High temperatures associated with high rainfall are determinants factors for the occurrence of blast, a disease caused by the fungus *Pyricularia oryzae* lineage *Triticum*, capable of reducing the productivity of wheat crops by 100%. To combat wheat blast, some strategies can be adopted, among them, the use of resistant cultivars such as those that present the 2NS gene, a chromosomal translocation capable of checking resistance to the pathogen. Furthermore, postponing the planting date causes heading to occur at times with low temperatures and low relative humidity which reduces the intensity of the disease. The application of fungicides is also considered a strategy to control the disease, especially when mixtures of QoL + DMI + multisites are used. However, due to the emergence of fungicide resistance, tools such as prediction models are important resources, since, they make it possible to predict periods of greater or lesser infection, making the application of fungicides more effective. Based on this, the objective of this literature review is to provide information related to blast management in wheat crops.

Keywords: *Triticum aestivum*. *Pyricularia oryzae*. Plant pathology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 5
1.1 OBJETIVOS 6
1.1.1 Objetivo geral 6
1.1.2 Objetivos específicos 6
2 REVISÃO DE LITERATURA 7
2.1 TRIGO 7
2.2 A BRUSONE NO TRIGO 8
2.3 MEDIDAS DE CONTROLE 9
2.3.1 Controle cultural 9
2.3.2 Controle genético 10
2.3.3 Controle químico 11
2.3.4 Modelos de predição 13
3 CONCLUSÃO 15
REFERÊNCIAS 16

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma das culturas mais antigas do mundo e atualmente está entre os três cereais mais consumidos no planeta (Abitrigo, 2021). A produção brasileira de trigo no ano de 2022 foi de aproximadamente 8.096 mil toneladas, valor 23% inferior ao obtido na safra anterior. Além da redução da área plantada, o clima foi um fator que teve grande impacto na redução da produtividade, comprometendo a sanidade e a qualidade das lavouras (Conab, 2023).

Altas temperaturas associadas a elevados índices pluviométricos são fatores determinantes para a ocorrência de Brusone, uma doença causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* linhagem Triticum, capaz de reduzir em 100% a produtividade das lavouras de trigo (Kovaleski et al., 2020; Moreira et al., 2020). No Brasil, o primeiro relato de Brusone foi registrado no estado do Paraná em 1985, e até 2020 foram registrados casos na América do Sul, Ásia e África (Igarashi et al., 1986; Malaker, 2016; Tembo et al., 2020).

Diversas estratégias podem ser adotadas para combater a brusone do trigo, incluindo rotação de culturas, uso de sementes certificadas e livres de patógenos, tratamento de sementes com fungicidas, adiamento da data de plantio, emprego de cultivares resistentes e aplicação de controle químico. Este último acaba sendo a principal forma utilizada, pois a resistência genética é frequentemente superada pelo surgimento de novas raças do patógeno (Ceresini et al., 2018). Além disso, genótipos de trigo resistentes em uma região, se comportam de maneira diferente quando expostos a um outro local, caracterizando dessa forma, que existe interação positiva entre genótipo e ambiente (Urashima et al., 2004; Rocha, et al., 2014). A integração dessas medidas é essencial para um controle eficaz da doença no campo e para evitar que o patógeno suplante a resistência das plantas.

Os fungicidas atualmente utilizados para o manejo da brusone no trigo podem ter sua eficácia comprometida sob condições de alta pressão da doença. Isso ocorre principalmente devido à baixa cobertura do alvo, à efetividade variável dos princípios ativos utilizados e às condições ambientais (Panisson et al., 2004; Maciel et al., 2014). Além disso, Ascari et al. (2021) demonstraram que a eficiência dos fungicidas amplamente usados no Brasil varia significativamente, de 24,2% a 66,5%, dependendo do ingrediente ativo e da condição climática da região (tropical ou subtropical).

O objetivo desta revisão bibliográfica é fornecer informações relacionadas às medidas de controle, que possam contribuir para a tomada de decisão de técnicos e produtores na condução de lavouras de trigo, a fim aumentar a produtividade e a rentabilidade por área cultivada.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Reunir informações relacionadas ao manejo da brusone na cultura do trigo.

1.1.2 Objetivos específicos

Discorrer sobre a importância da cultura do trigo e as potenciais perdas de produtividade ocasionadas pela brusone;

Apresentar informações quanto ao controle cultural da brusone na cultura do trigo;

Apontar o que está sendo utilizado quanto ao controle genético da brusone na cultura do trigo;

Agrupar dados e apurar quais grupos de fungicidas apresentam melhor eficiência quanto ao manejo de brusone na cultura do trigo;

Informar sobre a utilização de modelos de predição para um manejo eficiente de brusone na cultura do trigo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TRIGO

O trigo é o terceiro cereal com maior produção no mundo, sendo uma importante fonte proteica para a alimentação humana e animal (Food and Agricultural Organization, 2024). De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2021), estima-se que a área plantada de trigo no mundo será maior que 220 milhões de hectares, com projeção global de consumo superior a 796 milhões de toneladas para a safra 2023/24.

No Brasil, para a safra 2023/24 foram plantados mais de 3,4 milhões de hectares de trigo, com produtividade média de 2.331 kg.ha^{1} e colheita de 8.096 milhões de toneladas (Conab, 2024). Os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul são responsáveis por 80% da produção brasileira, sendo que na última safra a produtividade média da região Sul foi de 2.230 kg.ha^{1} do cereal. O Brasil está na 14ª posição no ranking global de produtores de trigo. Contudo, a produção não supre a necessidade interna de consumo, sendo necessária a importação do trigo de países como Rússia e EUA (Stempkowski et al., 2022; Conab, 2023).

A triticultura brasileira possui potencial para suprir essa necessidade interna de trigo, porém, eventos climáticos, políticas internacionais e doenças fúngicas, bacterianas e virais são fatores que afetam a produtividade, competitividade e elevam o custo de produção do trigo no país (De Mori, 2015; Savary et al., 2017; Lau et al., 2020).

Embora a região Sul venha se destacando no mercado tritícola, a região Central do Brasil possui alto potencial para desenvolvimento da atividade (Albrecht et al., 2007, Gomes et al., 2019). No entanto, a brusone vem causando perdas significativas nas lavouras e trazendo prejuízo aos produtores (Goulart et al., 2007). Em São Gotardo, município de Minas Gerais, foram observadas perdas de até 16 sacas por hectare em experimentos com a presença da brusone (Eides, 2023). Em ensaios conduzidos em Indápolis, as perdas de rendimento de grão chegaram a 13% em plantas com a doença (Goulart et al., 2007).

2.2 A BRUSONE NO TRIGO

A primeira ocorrência de brusone no trigo foi registrada no Brasil em 1985, no estado do Paraná (Igarashi et al., 1986). Desde então, a doença foi reportada na Bolívia, Argentina e Paraguai (Barea e Toledo, 1996; Viedma, 2005; Cabrera e Gutierrez, 2007). Trinta anos após o primeiro registro, um surto da doença foi documentado em outro continente, especificamente na Ásia, em 2016 (Islam et al., 2016).

A brusone é causada pelo fungo ascomiceto *Pyricularia oryzae* linhagem Triticum (Couch e Kohn, 2002) e afeta principalmente as espigas, que apresentam uma coloração amarelada a partir do ponto de infecção (Coelho et al., 2016; Lau et al., 2020). A doença se desenvolve quando os esporos do fungo, depositados na superfície da planta, germinam e penetram no tecido, causando lesões (Sussel e De Melo, 2019). Dessa forma, a brusone pode ser considerada policíclica, pois os órgãos das plantas podem ser infectados em momentos distintos devido à transferência de esporos de uma planta para outra (Sussel e De Melo, 2019; Gongora-Canul et al., 2020).

A incidência da brusone está diretamente atrelada às condições climáticas (Coelho et al., 2016). A temperatura ideal para desenvolvimento da doença varia entre 24 e 28°C e a infecção é acelerada quando a umidade relativa do ar for superior a 90% (Lau et al., 2020). O processo de infecção inicia com um período mínimo de molhamento de 10 horas, sendo que quanto maior o período de molhamento, maior a intensidade de infecção do patógeno (Cardoso et al., 2018).

As lesões causadas pela brusone são de coloração negra brilhante e, após a necrose do ponto de infecção no ráquis, ocorre a interrupção da translocação de água e nutrientes, fazendo com que a espiga seque a partir do ponto de infecção (Igarashi, 1988; Pizolotto, 2019). A interrupção da translocação de fotoassimilados para parte da espiga faz com que os grãos de trigo fiquem pequenos, deformados e com baixo peso hectolitro (Lau et al., 2020).

A brusone é considerada uma doença de difícil controle. Atualmente, várias práticas são adotadas como estratégias para minimizar os danos que ela causa no trigo (Webber, 2020). Pesquisas indicam que controles genéticos, químicos e culturais têm apresentado maior eficiência no manejo da doença (Coelho et al., 2016; Cruppe et al., 2020; Ascari et al., 2021).

2.3 MEDIDAS DE CONTROLE

Para minimizar os danos ocasionados pela brusone na cultura do trigo, um conjunto de medidas deve ser adotado devido à alta severidade do patógeno (Torres et al., 2019). A associação de controle cultural, controle genético e utilização de fungicidas para manejo químico, surge como estratégia para minimizar os danos ocasionados pelo fungo. O controle cultural pode ser associado ao atraso da época de semeadura do trigo, com o objetivo de reduzir a incidência da doença na cultura (Torres et al., 2019). O controle genético está relacionado ao desenvolvimento de um genótipo de trigo com um grau de resistência à doença, sendo um componente indispensável para manejo do patógeno (Pizolotto, 2019.). Quanto ao controle químico, este continua sendo a principal alternativa de manejo adotada pelos agricultores para controle da doença (Rocha et al., 2014). Além disso, modelos de predição podem servir como ferramenta no manejo integrado da brusone (Fernandes et al., 2021).

2.3.1 Controle cultural

A intensidade da brusone no trigo é significativamente influenciada por fatores ambientais. Chagas et al. (2021) recomendam o escalonamento da produção de trigo por meio da utilização de cultivares de ciclos diferentes e da semeadura em diferentes épocas para o trigo de sequeiro cultivado no cerrado brasileiro. O estudo destaca que o trigo semeado antes do dia 1° de março apresenta uma maior incidência de brusone, com perdas que podem chegar a 100% do rendimento do grão.

Para a semeadura do trigo deve-se levar em consideração os eventos climáticos de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura. Na região de Pato de Minas, o início da semeadura do trigo em sequeiro é recomendado entre os dias 1° a 28 de fevereiro e 11 de abril a 31 de maio para trigo irrigado. Contudo, de acordo com os autores, a brusone foi muito agressiva na região nos últimos anos em áreas semeadas entre fevereiro e março (Coelho et al., 2016).

Para Chagas et al. (2021), a semeadura escalonada na região do Cerrado, dentro da época recomendada, favorece a ocorrência do espigamento no mês de maio, um período com menos ocorrência de chuvas e com temperaturas mais baixas,

o que reduz a incidência de brusone no trigo e consequentemente perdas de produtividade devido a doença.

Em um trabalho também conduzido na região de Patos de Minas, Webber et al. (2023) avaliaram a incidência de brusone no trigo em três épocas de semeadura para 2014 (10/04, 04/04 e 29/04), três épocas para 2015 (26/02, 24/03 e 20/04) e uma época para 2017 (24/02). Foi possível comprovar uma menor incidência de brusone nas semeaduras tardias. Em um ensaio conduzido na região de Uberaba, Sobrinho et al. (2021) avaliaram 35 genótipos de trigo semeados em 12 de março e 03 de abril de 2019 e puderam validar que a incidência da doença foi mais baixa para todos os genótipos semeados em 03 de abril. De acordo com os autores, essa redução ocorreu devido a baixa umidade e temperatura registradas neste período, dados que corroboram com os obtidos por Coelho et al. (2016) que relataram redução na incidência de brusone no trigo em temperaturas inferiores a 14°C e umidade relativa inferior a 60% na região de Patos de Minas. Embora o plantio tardio reduza a intensidade da doença durante o espigamento, nas regiões do Cerrado, a falta de água a partir de maio pode prejudicar a produtividade do trigo de sequeiro.

2.3.2 Controle genético

Desenvolver uma cultivar de trigo resistente à brusone é um desafio complexo. A resistência de um genótipo de trigo em uma região geográfica pode não ser efetiva em outras regiões, devido à variabilidade do patógeno (Urashima et al., 2004; Webber, 2020). Além disso, o gene de resistência conferido pela translocação 2NS tem mostrado menor eficácia contra novos isolados do patógeno (Cruz e Valent, 2017).

A presença de uma translocação cromossômica (2NS/2AS) de *Aegilops ventricosa* no trigo confere resistência ao patógeno, e por isso, passou a ser amplamente utilizada em plantações na América do Sul e em Bangladesh para controlar a doença (Cruppe et al., 2020). Embora outros cinco genes de resistência específica a isolados de *Pyricularia* tenham sido descritos, nenhum deles foi tão bem sucedido contra a brusone como o 2NS (Ferreira et al., 2020).

Em estudos conduzidos por Webber et al. (2023) no Cerrado brasileiro, avaliando a resistência de diferentes cultivares, tanto portadoras quanto não portadoras da translocação 2NS, verificou-se que algumas cultivares não portadoras apresentaram um índice da doença ((incidência x severidade)/100) muito semelhante

ao das cultivares portadoras de 2NS, mesmo sob altos níveis de pressão da doença. Entre essas cultivares, destacam-se Safira, BRS 229, PF 909, Embrapa 27, BRS Angico e CPAC 07340, que apresentaram um índice menor que 10, classificando-as como altamente resistentes, de acordo com Juliana et al. (2020). Notavelmente, essas cultivares resistentes também estavam entre as mais produtivas.

A identificação de cultivares resistentes à brusone pode auxiliar os programas de melhoramento ao reduzir a dependência exclusiva de cultivares portadoras da translocação 2NS. Isso pode ajudar a minimizar o risco de seleção de raças mais agressivas do patógeno, além de servir como uma medida eficiente no manejo (Webber et al., 2023).

Na região Sul do Brasil, a brusone nem sempre é observada anualmente, possivelmente devido às baixas temperaturas no inverno, que reduzem o inóculo do fungo em plantas hospedeiras. No entanto, em 2023 foram registrados surtos epidêmicos de brusone na região, provavelmente devido às temperaturas mínimas mais elevadas e à alta incidência de chuvas durante o período de espigamento da cultura. Com essas mudanças no cenário tritícola no Sul do Brasil, espera-se que novas cultivares de trigo resistentes à brusone sejam desenvolvidas nos próximos anos e utilizadas pelos produtores (Del Ponte et al., 2024). Como previsto, pesquisas estão sendo realizadas para identificar cultivares adaptadas às regiões temperadas e resistentes à doença. Em Passo Fundo (RS), foram testados 40 genótipos de trigo quanto à resistência à brusone, e cultivares como TBIO Mestre e ORS 1401 se destacaram por apresentarem menor severidade da doença (Maciel et al., 2022).

Para a região do Cerrado Brasileiro, a Embrapa vem realizando um programa de melhoramento genético para obtenção de um cultivar com alto potencial produtivo, maior estabilidade de rendimento de grãos, melhor qualidade industrial e maior resistência às principais doenças que acometem a região. O cultivar BRS 394 vem se destacando em relação a qualidade industrial e produtividade, contudo, ainda é classificado como suscetível à brusone, ferrugem do colmo e ferrugem da folha (Albrecht et al., 2020).

2.3.3 Controle químico

Para controle de brusone no trigo, atualmente existem 72 fungicidas comerciais registrados, englobando inibidor externo de quinona (QoI), inibidor de demetilação

(DMI) e fungicidas com modo de ação multissítio (Agrofit, 2024). Apesar da existência de uma gama de produtos químicos, a aplicação de fungicidas deve ser vista como uma medida complementar, uma vez que a eficiência no controle depende da intensidade da doença que varia de acordo com as condições climáticas (Reunião…,2019).

Estudos relatam a existência de resistência cruzada entre fungicidas pertencentes ao grupo químico Qol, o que pode ser resultado da alta exposição do fungo a estrobilurinas devido à consecutivas aplicações para manejo da doença no trigo (Oliveira et al., 2015, Castroagudin et al., 2015). Quanto aos DMIs, tanto para tebuconazol quanto para epoxiconazol foi relatada resistência para seis populações de brusone em teste in vitro, em que as doses testadas foram de pelo menos 35 vezes superiores às doses recomendadas a campo (Poloni et al., 2021).

Em ensaios cooperativos conduzidos na safra de 2018 nos municípios de Campo Mourão (PR), Campo verde (MT), Palmeiras (PR) e Planaltina (DF), foi verificado que misturas de mancozeb ou clorotalonil com QoL e DMI apresentaram melhores resultados quanto ao rendimento de grão de plantas doentes quando comparados a tratamentos com Qol + DMI para o município de Palmeira. Para os municípios de Campo Mourão e Campo Verde não foi observada diferenças significativas entre os tratamentos devido ao alto coeficiente de variação. Já para Planaltina, tratamentos contendo mancozeb também apresentaram maior rendimento de grãos (Santana et al., 2020).

Em outro ensaio realizado por Santana et al. (2021) nos municípios de Campo Mourão (PR), Planaltina (DF) e Palmeira (PR), tratamentos com QoL + DMI + Mancozeb apresentaram maior eficiência quanto a redução de incidência e severidade de brusone, melhor rendimento de grão e peso hectolitro para a safra de 2020.

Os fungicidas pertencentes ao grupo dos Qol foram classificados como alto nível de resistência, visto que a resistência pode ocorrer devido ao uso indiscriminado e sem necessidade de um mesmo fungicida em um espaço de tempo (Ghini e Kimati, 2000; Hollomon, 2024). Com o objetivo de auxiliar nas tomadas de decisões para manejos e no uso correto de fungicidas, os modelos de predição podem ser utilizados como uma estratégia de desaceleração da resistência de fungicidas (Gent et al., 2013).

2.3.4 Modelos de predição

Modelos de predição de doenças são modelos matemáticos que através de variáveis como clima, temperatura e umidade, possibilitam a previsão do comportamento de epidemias. Com base nas previsões dos modelos é possível prognosticar períodos de infecção e realizar a aplicação de fungicidas de maneira antecipada e correta (De Wolf e Isard, 2007; Fernandes et al., 2021; González-Domínguez et al., 2023). Além disso, é uma ferramenta que pode auxiliar outras medidas de manejo, visando o manejo integrado da doença.

O primeiro estudo com relevância para modelos de predição foi realizado com o objetivo de entender a relação entre variáveis climáticas e a ocorrência de brusone conduzido por Cardoso et al. (2008) em condições de casa de vegetação. Esse estudo forneceu informações valiosas sobre a correlação entre temperatura, período de molhamento das espigas e intensidade da brusone em trigo. Modelos de predição da doença desenvolvidos posteriormente no Brasil utilizaram esse trabalho como base para suas pesquisas (Fernandes et al., 2017, De Cól et al., 2023).

Em um estudo realizado no norte e noroeste do Paraná, Fernandes et al. (2017) compilaram dados climáticos e de incidência de brusone no trigo entre os anos de 2001 e 2012 para desenvolver um modelo de predição. Utilizando esse modelo, os autores foram capazes de prever corretamente uma epidemia em 2015 e a ausência de epidemia no ano seguinte. O modelo desenvolvido por Fernandes et al. (2017) é essencialmente um modelo mecanístico, que emprega submodelos para descrever os diversos estágios do ciclo da doença, frequentemente incorporando resultados de estudos de outros pesquisadores sobre a biologia do patógeno. Esses modelos, também conhecidos como modelos baseados em processos, integram diferentes estágios do processo epidêmico, como o acúmulo de inóculo, infecção, sobrevivência e disseminação. Eles são utilizados para avaliar o impacto desses fatores na ocorrência de epidemias, associando-os a variáveis climáticas específicas (De Wolf e Isard, 2007).

Mais recentemente, De Cól et al. (2024) desenvolveram um modelo de predição para a brusone no trigo, utilizando dados de campo que demonstraram alta acurácia na previsão de epidemias passadas tanto na região do Cerrado brasileiro quanto em regiões subtropicais. Modelos que utilizam dados de experimentos também são chamados de modelos empíricos, os quais visam estudar a relação entre padrões

climáticos e intensidade da doença (De Wolf e Isard, 2007). Além de serem úteis para prever a ocorrência de doenças e auxiliar no manejo, os modelos empíricos podem fornecer informações valiosas sobre as variáveis que influenciam a epidemia. Por exemplo, De Cól et al. (2024) identificaram que em condições de campo, para a brusone do trigo, as variáveis que impactaram a epidemia antes do espigamento foram a umidade relativa, a interação entre a temperatura média e a umidade relativa, e o número de dias com temperatura média abaixo de 22°C em uma janela de 7 dias. Após o espigamento, a umidade relativa foi a única variável significativa.

3 CONCLUSÃO

O manejo integrado é essencial para o controle da brusone no trigo, não apenas pela combinação de diversas medidas para mitigar a doença, mas também pela consideração de múltiplos fatores, que vão desde aspectos econômicos até ambientais. Para garantir a sustentabilidade das diferentes medidas a longo prazo, é fundamental integrar medidas de controle com conhecimento prático e científico.

REFERÊNCIAS

ABITRIGO - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO TRIGO**. Disponível em: https://www.abitrigo.com.br/. Acesso em: 13 jul. 2024.

AGROFIT. Disponível em https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons, Acesso em: 10 abr. 2024.

ALBRECHT, J. C.; CHAGAS, J. H.; SOBRINHO, J. S.; SCHEEREN, P. L.; FRONZA, V. **Trigo BRS 394: Cultivar para o Cerrado do Brasil Central**. Brasília: Embrapa, 2020.

ALBRECHT, J.C.; VIEIRA, E.; SILVA, S.M.; ANDRADE, J.M.V.; SCHEEREN, P.L.; TRINDADE, M.G.; SOBRINHO, J.S.; SOUSA, C.N.A.; REIS, W.P.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; FRONZA, V.; CARGNIN, A.; YAMANAKA, C.H. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p. 1727-1734, 2007.

ASCARI, J. P.; BARRO, J. P.; SANTANA, F. M.; PADUA, J. M. V.; MACIEL, J. L. N.; LAU, D.; TORRES, G. A. M.; SBALCHEIRO, C. C.; SEIXAS, C. D. S.; GOULART, A. C. P.; SUSSEL, A. A. B.; SCHIPANSKI, C. A.; CHAGAS, D. F.; COELHO, M. A. O.; MONTECELLI, T. D. N.; AMARAL, D. R.; CUSTODIO, A. A. P.; MOREIRA, L. S. O.; UTIAMADA, C. M.; VENÂNCIO, W. S.; GOUSSAIN, R. C. S.; ALVES, K. S.; DEL PONTE, E. M. Sequential post-heading applications for controlling wheat blast: A 9-year summary of fungicide performance in Brazil. **Plant Disease**, v. 105, n. 12, p. 4051-4059, 2021.

BAREA, G.; TOLEDO, J. Identificación y zonificación de piricularia o bruzone (Pyricularia oryzae) en el cultivo del trigo en el dpto. de Santa Cruz. CIAT. Informe Técnico**. Proyecto de Investigación Trigo**, Santa Cruz, p. 76–86, 1996.

CABRERA, M. G.; GUTIÉRREZ, S. Primer registro de Pyricularia grisea en cultivos de trigo del NE de Argentina. **Jornada de Actualización en Enfermedades de Trigo.** IFSC Press, Lavallol, Buenos Aires, 2007.

CARDOSO, C.A. DE A.; REIS, E.M.; MOREIRA, E.N. Development of a warning system for wheat blast caused by Pyricularia grisea. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 216-221, 2008.

CASTROAGUDIN, V. L.; CERESINI, P. C.; OLIVEIRA, S. C.; REGES, J. T. A.; MACIEL, J. L. N.; BONATO, A. L. V.; DORIGAN, A. F.; MCDONALD, B. A. Resistance to QoI fungicides is widespread in Brazilian populations of the wheat blast pathogen Magnaporthe oryzae. **Phytopathology**, v. 105, n. 3, p. 284-294, 2015.

CERESINI, P. C.; CASTROAGUDÍN, V. L.; RODRIGUES, F. Á.; RIOS, J. A.; EDUARDO AUCIQUE-PÉREZ, C.; MOREIRA, S. I.; ALVES, E.; CROLL, D.; MACIEL, J. L. M. Wheat blast: past, present, and future. **Annual Review of Phytopathology**, v. 56, n. 1, p. 427-456, 2018.

CHAGAS, J.; FRONZA, V.; SOARES S. J.; SUSSEL, A.; ALBRECHT, J. Tecnologia de produção de trigo sequeiro no Cerrado do Brasil Central. Passo Fundo, RS: **Embrapa Trigo**, 2021.

COELHO, M.A. DE O.; TORRES, G.A.M.; CECON, P.R.; SANTANA, F.M. Sowing date reduces the incidence of wheat blast disease. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.51, n.5, p.631-637, 2016.

CONAB (2023). Conab - Série Histórica das Safras. https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras. Acesso em: 18 Jun 2024.

CONAB (2024). Conab - Série Histórica das Safras. https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras. Acesso em: 20 Jun 2024.

COUCH, B.C.; KOHN, L.M. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, Magnaporthe oryzae, from M. grisea. **Mycologia**, v. 94, n. 4, p. 683-693, 2002.

CRUPPE, G.; CRUZ, C. D.; PETERSON, G.; PEDLEY, K.; ASIF, M.; FRITZ, A.; CALDERON, L.; SILVA C. L DA.; TODD, T.; KUHNEM, P.; SINGH, P.K.; SINGH, R. P.; BRAUN, H-J.; BARMA, N. CD.; VALENT, B. Novel sources of wheat head blast resistance in modern breeding lines and wheat wild relatives. **Plant Disease**, v. 104, n. 1, p. 35-43, 2020.

CRUZ, C. D.; VALENT, B.; Wheat blast disease: danger on the move. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, p. 210-222, 2017.

DE CÓL, M.; COELHO, M.; DEL PONTE, E. M. Weather-based logistic regression models for predicting the risk of wheat blast epidemics. **Plant Disease** , p.11-23, 2024.

DE MORI, C. **Aspectos econômicos da produção e utilização**. In: Borém A, Scheeren PL (eds) Trigo: do plantio à colheita. Viçosa, MG, pp. 11– 34. 2019.

DE WOLF, E. D.; ISARD, S. A. Disease cycle approach to plant disease prediction. **Annu. Rev. Phytopathol.**, v. 45, n. 1, p. 203-220, 2007.

DEL PONTE, E. M.; DE COL, M. C.; FERNANDES, J. M. C.; PIZOLOTTO, C.A. Brusone avança no trigo. **Cultivar,** v.294, 2024.

DOS SANTOS, G. B.; COELHO, M. A.; DEL PONTE, E. M. Critical-point yield loss models based on incidence and severity of wheat head blast epidemics in the Brazilian Cerrado. **European Journal of Plant Pathology**. v. 165, n. 3, p. 421- 431. 2023.

EIDES, J.R. **Análise metabolômica em cultivares de trigo com infecção foliar por Brusone**. 2023. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Instituto de ciências agrárias, Universidade Federal de Viçosa. Rio Paranaíba, 2023.

FERNANDES, J. M. C.; NICOLAU, M.; PAVAN, W.; HÖLBIG, C. A.; KARREI, M.; DE VARGAS, F.; BAVARESCO, J. L. B.; LAZZARETTI, A. T.; TSUKAHARA, R. Y.A weather-based model for predicting early season inoculum build-up and spike infection by the wheat blast pathogen. **Tropical plant pathology**, v. 42, p. 230-237, 2017.

FERNANDES, J. M.; DEL PONTE, E. M.; ASCARI, J. P.; KRUPNIK, T. J.; PAVAN, W.; VARGAS, F.; BERTON, T. Towards an early warning system for wheat blast: epidemiological basis and model development. 2021.

FERREIRA, J. R.; TORRES, G. A. M.; CONSOLI, L.; BINNECK, E.; CAMILOTTI, G.A.; SCAGLIUSI, S. M. M.; DEUNER, C. C.; DIANESE, A. DE C.; GOULART, A. C. P.; SEIXAS, C. D. S.; COELHO, M. A. DE O. Genetic and molecular basis of wheat–Magnaporthe oryzae Triticum interaction. In: **Wheat blast**. CRC Press, p. 69-104, 2020.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. Disponível em: https://www.fao.org/home/en. Acesso em: 25 de mar. 2024.

GENT, D. H.; MAHAFFEE, W. F.; MCROBERTS, N.; PFENDER, W. F. O uso e o papel dos sistemas preditivos no gerenciamento de doenças. **Revisão anual de fitopatologia**, p. 267-289. 2013.

GHINI, R.; KIMATI, H. (2000). ***Resistência de fungos a fungicidas*****.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 1-78, 2000.

GOMES, D. P.; ROCHA, V. S.; ROCHA, J. R. A. S. D. C.; SOUZA, M. A. D.; PEREIRA, O. L. Progresso temporal da brusone do trigo em função do inóculo primário, da aplicação de fungicida e da resistência dos genótipos. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 50-58, 2019.

GONGORA-CANUL, C.; SALGADO, J.D.; SINGH, D.; CRUZ, A.P.; COTROZZI, L.; COUTURE, J.; RIVADENEIRA, M.G.; CRUPPE, G.; VALENT, B.; TODD, T.; POLAND, J.; CRUZ, C.D. Temporal dynamics of wheat blast epidemics and disease measurements using multispectral imagery. **Phytopathology**, v. 110, n. 2, p. 393-405, 2020.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; CAFFI, T.; ROSSI, V.; SALOTTI, I.; FEDELE, G. Plant disease models and forecasting: changes in principles and applications over the last 50 years. **Phytopathology®**, v. 113, n. 4, p. 678-693, 2023.

GOULART, A.C.P.; SOUSA, P.G.; URASHIMA, A.S. Damages in wheat caused by infection of Pyricularia grisea. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v.33, n.4, p.358-363, 2007.

HOLLOMON, D.W. **Comitê de Ação a Resistência a Fungicidas FRAC-Brasil.** Disponível em: https://www.frac-br.org/definicoes-e-conceitos#:~:text=Foram%20reportados%20altos%20n%C3%ADveis%20de,ligada%20a%20uma%20muta%C3%A7%C3%A3o%20de. Acesso em: 10 jul, 2024.

IGARASHI, S. Ocorrencia de Pyricularia sp noestado do Parana. **Fitopatol. Bras**, v. 11, p. 351-352, 1986.

IGARASHI, S. **Análise da ocorrência de Brusone do trigo no Paraná**. IAPAR, 1988.

ISLAM, M. T.; CROLL, D.; GLADIEUX, P.; SOANES, D. M.; PERSOONS, A.; BHATTACHARJEE, P.; HOSSAIN, M. S.; GUPTA, D. R.; RAHMAN, M. M.; MAHBOOB, M. G.; COOK, N.; SALAM, M. U.; SUROVY, M. Z.; SANCHO, V. B.;

MACIEL, J. L. N.; NHANIJÚNIOR, A.; CASTROAGUDÍN, V. L.; REGES, J. T. A.; CERESINI, P. C.; RAVEL, S.; KELLNER, R.; FOURNIER, E.; THARREAU D.;LEBRUN, M-H.; MCDONALD, B. A.; STITT, T.; SWAN, D. TALBOT, N. J.; SAUNDERS, D. G. O.; WIN, J.; KAMOUN, S. Emergence of wheat blast in Bangladesh was caused by a South American lineage of Magnaporthe oryzae. **BMC biology**, v. 14, p. 1-11, 2016.

JULIANA, P.; HE, X.; KABIR, M. R.; ROY, K. K.; ANWAR, M. B.; MARZA, F.; POLONIA, J.; SHRESTHA, S.; SINGH, R.P.; SINGH, P. K Genome-wide association mapping for wheat blast resistance in CIMMYT's international screening nurseries evaluated in Bolivia and Bangladesh. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 15972, 2020.

KOVALESKI, M.; MACIEL, J. L. N.; SANTOS, G. B. D.; SILVA, A. N. D.; DEUNER, C. C. Conidia sporulation of Pyricularia oryzae in segments of wheat plants under six different temperatures. **Ciência Rural**, v. 50, n. 4, p. e20190573, 2020.

LAU, D.; PEREIRA, P. R. V DA S.; CASTRO R. L DE.; STEMPKOWSKI, L. A. Ensaio estadual de cultivares de trigo do Rio Grande do Sul 2016 - reação ao BYDV-PAV. In: Fórum Nacional de Trigo. **Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de trigo e triticale,** Resumos... Cascavel, PR. p. 211–215. 2017.

LAU, D.; SBALCHIRO, C. C.; MARTINS, F. C.; SANTAMA, F.; MACIEL, J. L. M.; FERNANDES, J. M. C.; COSTAMILAN, L. M.; LIMA, M. I. P. M.; KUHNEM, P.; CASA, R. T. **Principais doenças do trigo no sul do Brasil: diagnóstico e manejo**. Passo Fundo, RS, Embrapa Trigo. Comunicado Técnico Online, v. 375, 2020.

LAU, D.; STEMPKOWSKI, L. A.; DE CASTRO, R. L. **Caracterização da reação de cultivares de trigo do ensaio estadual do Rio Grande do Sul 2020 ao mosaico-comum**. Passo Fundo, RS, Embrapa Trigo. Comunicado Técnico, v.384, 2021.

MACIEL, J. L. N.; CERESINI, P. C.; CASTROAGUDIN, V. L.; ZALA, M.; KEMA, G. H.; MCDONALD, B. A. Population structure and pathotype diversity of the wheat blast pathogen Magnaporthe oryzae 25 years after its emergence in Brazil. **Phytopathology**, v. 104, n. 1, p. 95-107, 2014.

MACIEL, J. L. N.; SANTOS, G. B. D.; PIZOLOTTO, C. A.; KOVALESKI, M.; SILVA, A. N. D.; DEUNER, C. C.; COSTA, I. F. D. D. Resistance of Brazilian wheat cultivars to blast under controlled condition. **Ciência Rural**, v. 52, n. 7, p. e20210417, 2021.

MALAKER, P. K.; BARMA, N. C.; TIWARI, T. P.; COLLIS, W. J.; DUVEILLER, E.; SINGH, P. K.; SINGH, R. P.; BRAUN, H-J.; PETERSON, G. L.; PEDLEY, K. F.; FARMAN, M. L.; VALENTE, B. First report of wheat blast caused by Magnaporthe oryzae pathotype triticum in Bangladesh. **Plant Disease**, v. 100, n. 11, p. 2330-2330, 2016.

MOREIRA, C.; CAMACHO, M. A.; GRAICHEN, F. A. S. Reduction in wheat blast severity with foliar application of zinc sulfate. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 255-259, 2020.

OLIVEIRA, S. C. D.; CASTROAGUDÍN, V. L.; MACIEL, J. L. N.; PEREIRA, D. A. D. S.; CERESINI, P. C. Resistência cruzada aos fungicidas IQo azoxistrobina e piraclostrobina no patógeno da brusone do trigo Pyricularia oryzae no Brasil. **Summa**

Phytopathologica, v. 41, p. 298-304, 2015.

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E. M. Avaliação da deposição de calda em anteras de trigo, para o estudo do controle químico de giberela (Gibberella zeae). **Engenharia Agrícola**, v. 24, p. 111-120, 2004.

PIZOLOTTO, C. A. **Aspectos epidemiológicos e manejo integrado do brusone do trigo.** 2019. 167 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2019.

POLONI, N. M.; CARVALHO, G.; NUNES C. V.I.S.; FRANCIS D. A.; NUNES M. J. L.; MCDONALD, B. A.; CERESINI, P.C. Ampla distribuição de resistência aos fungicidas triazólicos em populações brasileiras do patógeno da brusone do trigo. ***Patologia Vegetal*** , v *70*, p. 436-448. 2021.

REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2019, Passo Fundo, RS. **Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2019.** Brasília, DF: Embrapa, 2019. 240 p.

ROCHA, J. R. DO A. S. DE C.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUZA, M. A. D. Eficiência de fungicidas no controle da brusone em trigo. **Summa Phytopathologica**, v. 40, p. 347-352, 2014.

SANTANA, F. M.; LAU, D.; SBALCHEIRO, C. C.; GOUSSAIN, R. DE C. S.; VENANCIO, W. S.; CUSTÓDIO, A. A. P.; MOREIRA, L. S. O.; SUSSEL, A. A. B.; Eficiência de fungicidas para controle de brusone de trigo: resultados dos ensaios cooperativos na safra 2018. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo, RS. Brasil. 2020.

SANTANA, F. M.; LAU, D.; SBALCHEIRO, C. C.; SUSSEL, A. A. B.; VENANCIO, W. S.; PÁDUA, J. M. V.; COSTA, A. A. Eficiência de fungicidas para controle de brusone de trigo: resultados dos ensaios cooperativos na safra 2020. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo, RS. Brasil. 2021.

SAVARY. S.; DJURLE, A.; YUEN, J.; FICKE, A.; ROSSI, V.; ESKER, P. D.; FERNANDES, J. M. C.; DEL PONTE, E. M.; KUMAR, J.; MADDEN, L. V.; PAUL, P.; MCROBERTS, N.; SINGH P. K.; HUBER, L.; POPE DE VALLAVIELLE, C.; SAINT-JEAN, S.; WILLOCQUET, L. A white paper on global wheat health based on scenario development and analysis. **The American Phytopathological Society.** v.107, n.10. p. 1109–1122, 2017.

SOBRINHO, J.S; FRONZA, V.; CHAGAS, J.; ALBRECHT, J.; SCHEEREN, P.; de CASTRO, R. L. Influência da época de semeadura sobre o efeito da brusone e da restrição hídrica no comportamento de genótipos de trigo. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento.** Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo.2021.

STEMPKOWSKI, L. A.; MAR, T. B.; PEREIRA, F. S.; SANTOS, A. K. A.; VALENTE, J. B.; LAU, D.; CASA, R.T.; SILVA, F. N. DA. Viroses em trigo no Brasil: uma visão histórica. **Revisão anual de patologia de plantas**, v.28, 2022.

SUSSEL, A. A. B.; DE MELO, I. S. Eficiência de agentes de controle biológico no manejo da brusone do trigo no campo. Planaltina: **Embrapa Cerrado**, v. 351, 2019.

TEMBO, B.; MULENGA, R. M.; SICHILIMA, S.; M'SISKA, K. K.; MWALE, M.; CHIKOTI, P. C.; SINGH, P. K.; EL, X.; PEDLEY, K. F.; PETERSON, G. L.; SINGH, R. P.; BRAUN, H. J. Detection and characterization of fungus (Magnaporthe oryzae pathotype Triticum) causing wheat blast disease on rain-fed grown wheat (Triticum aestivum L.) in Zambia. **PloS one**, v. 15, n. 9, p. e0238724, 2020.

TORRES, G. A. M.; SANTANA, F. M.; FERNANDES, J. M. C.; SÓ E SILVA, M. **Doenças da espiga causam perda de rendimento em trigo nos estados do Paraná, São Paulo e Mato Grosso do Sul, em 2009.** Passo Fundo, RS, Embrapa Trigo. Comunicado técnico online. v 255,. 2009.

URASHIMA, A.; LAVORENT, N. A.; GOULART, A. C.; MEHTA, Y. R. Resistance spectra of wheat cultivars and virulence diversity of Magnaporthe grisea isolates in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 511-518, 2004.

USDA. Disponível em: https://www.usda.gov/. Acesso em: 21 mai. 2024.

VIEDMA, L. Q. **Wheat blast occurrence in Paraguay**. Phytopathology, v. 95, p. 152, 2005.

WEBBER, N. F.; COELHO, M. A. D. O.; TORRES, G. A. M.; CECON, P. R.; CONSOLI, L.; DEUNER, C. C. Non-2NS blast resistant wheat genotypes evaluated in the Brazilian Cerrado. **Revista Ceres**, v. 70, n. 3, p. 105-113, 2023.

WEBBER, N. F.; **Contribuição de fatores genéticos e agronômicos sobre a intensidade da brusone de trigo.** 2020. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS, 2020.