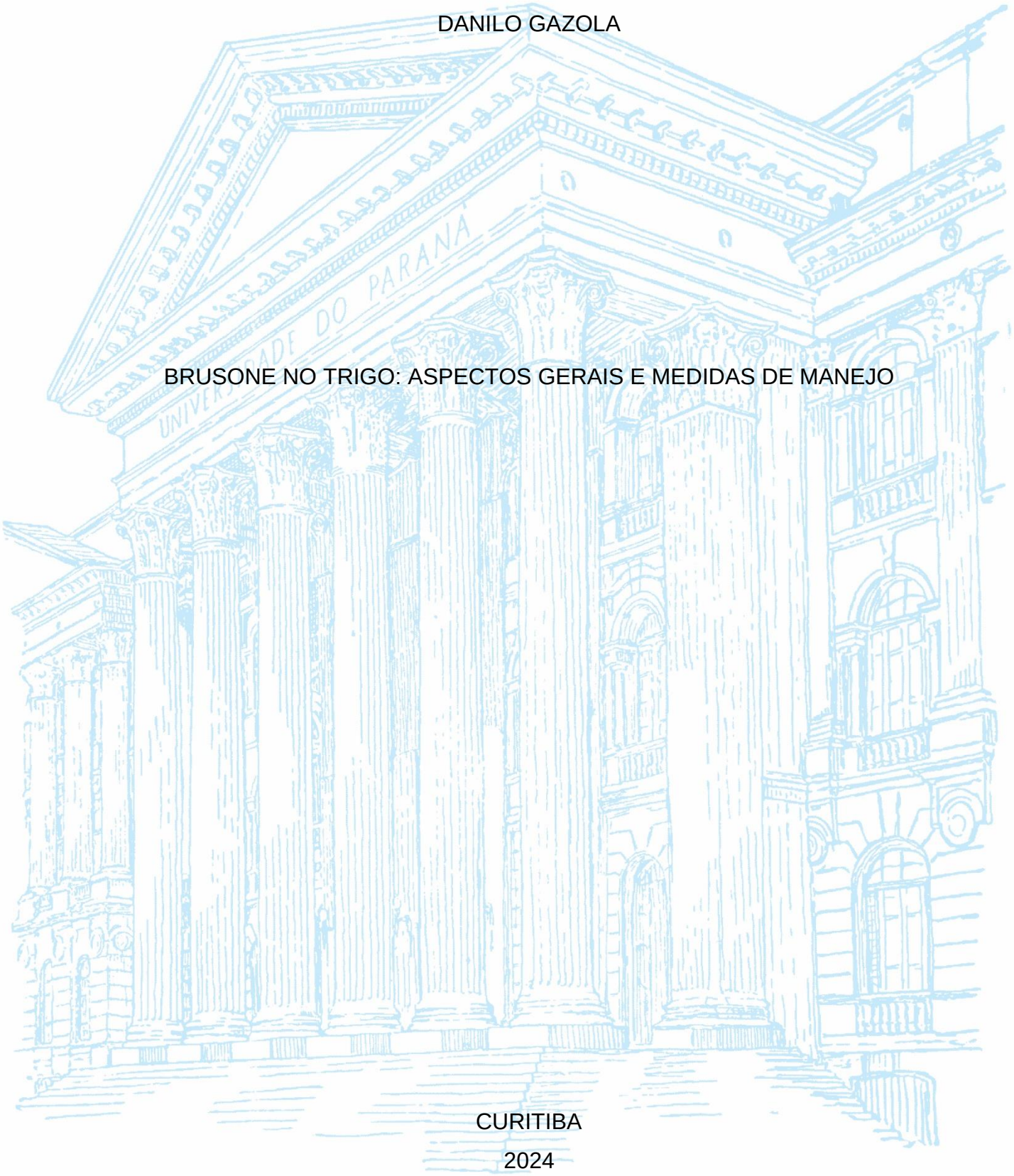
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DANILO GAZOLA



BRUSONE NO TRIGO: ASPECTOS GERAIS E MEDIDAS DE MANEJO

CURITIBA

2024

DANILO GAZOLA

BRUSONE NO TRIGO: ASPECTOS GERAIS E MEDIDAS DE MANEJO

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: Prof. Dr. Leandro José Dallagnol

CURITIBA

2024

RESUMO

A brusone do trigo, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* patótipo *Triticum*, está entre os fatores que apresenta maior risco na produção de trigo, pois os danos na produtividade podem ser superiores a 90% em safras com condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença. O controle químico para esta doença é uma medida considerada de baixa eficiência devido a ineficiência dos fungicidas disponíveis no mercado em função da ampla variabilidade dos isolados do fungo causador da patologia, além da agressividade do patógeno quando o trigo é cultivado em algumas regiões. Contudo, se torna a principal alternativa para o controle em produções comerciais, visto que o melhoramento genético ainda não obteve cultivares resistentes que fossem adaptadas as condições climáticas do Brasil. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma revisão de literatura sobre a doença Brusone na cultura do trigo, abordando principais sintomas ocasionados, condições ideais para ocorrência da doença e medidas de controle. A revisão foi desenvolvida por meio de pesquisas em livros, teses artigos publicados em revistas científicas e documentos técnicos de instituições confiáveis. Os materiais foram pesquisados nas bases de dados Google Acadêmico e Scielo, utilizando as palavras-chaves: *Triticum aestivum* L., brusone, fungos, controle químico e fungicidas. Conclui-se que a identificação de fontes de resistência à brusone em trigo, bem como de novas moléculas fungicidas eficientes no controle da doença, proporcionaria grandes incrementos em produtividade e qualidade do trigo produzido no Brasil.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L. *Magnaporthe oryzae*. Fitopatologia. Controle químico.

ABSTRACT

Wheat blast, caused by the fungus *Magnaporthe oryzae* pathotype *Triticum*, is one of the most significant threats to wheat production, as it can cause yield losses of more than 90% under environmental conditions favorable to disease development. Chemical control of this disease is considered to be of low efficiency due to the limited effectiveness of available fungicides and the wide variability of fungal, as well as the aggressiveness of the pathogen in certain regions where wheat is cultivated. Nevertheless, fungicide remains the primary options for controlling the disease in commercial fields, as breeding programs have not yet developed resistant cultivars adapted to Brazilian conditions. The objective of this work was to review the literature on wheat blast, focusing on the main symptoms caused by the disease, ideal conditions for its occurrence, and control measures. This review was conducted by researching books, theses, articles published in scientific journals and technical documents from reliable institutions. The materials were sourced from the Google Scholar and Scielo databases, using the keywords: *Triticum aestivum* L., blast, fungi, chemical control and fungicides. It is concluded that identifying sources of resistance to wheat blast, as well as discovering new fungicidal molecules that are effective in controlling the disease, would significantly enhance wheat grain yield and quality in Brazil.

Keywords: *Triticum aestivum* L. *Magnaporthe oryzae*. Phytopathology. Chemical control.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – SINTOMA DE BRUSONE EM ESPIGA DE TRIGO 16
Figura 2 - SINTOMAS DE BRUSONE EM RÁQUIS DE ESPIGA DE TRIGO 17
Figura 3 - SINTOMAS DE BRUSONE NAS FOLHAS DE TRIGO.....18
Figura 4 - GRÃOS DE TRIGO ORIUNDOS DE ESPIGAS AFETADAS POR BRUSONE: A) GRÃOS ORIUNDOS DA PARTE SADIA E B) GRÃOS ORIUNDOS DA PARTE AFETADA 19
Figura 5 - TRANSMISSÃO DO PATÓGENO DE SEMENTES INFECTADAS PARA PLÂNTULAS 20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7
1.1 JUSTIFICATIVA 8
1.2 OBJETIVO 8
1.3 METODOLOGIA 8
2 REVISÃO DA LITERATURA 9
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO 9
2.1.1 Triticultura no Brasil 9
2.2 IMPORTÂNCIA DO TRIGO 11
2.2.1 Qualidade do Trigo 11
2.2.2 Condições de Cultivo 12
2.3 BRUSONE 15
2.3.1 Etiologia e Principais Sintomas da Doença 15
2.3.2 Ocorrência no Brasil 21
2.3.3 Condições ideais para ocorrência de Brusone 21
2.4 CONTROLE DA DOENÇA 22
2.4.1 Controle Químico 23
2.4.2 Cultivares Resistentes 26
2.4.3 Manejo Integrado da doença 27
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 28
REFERÊNCIAS 29

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum*) é uma gramínea de origem asiática, com grande destaque na produção mundial. É uma das principais matérias-primas alimentícias brasileiras, considerando a quantidade consumida, os valores financeiros envolvidos, bem como os diversos produtos industriais fabricados a partir dessa matéria-prima e de seus derivados (JUNIOR et al., 2013). Todavia trata-se de uma cultura que tem sua produção prejudicada de forma significativa em situações de ataques de pragas que infectam as plantas em diversos estádios fenológicos (FOURAR-BELAIFA et al., 2011).

A brusone do trigo, causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* patotipo *Triticum* (MoT), relatada em trigo no Brasil, em 1985, no norte do Paraná (IGARASHI et al., 1986), está entre os fatores que apresenta maior risco na produção de trigo, pois os danos podem ser superiores a 90% em safras com condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença (MOREIRA et al., 2020).

As espigas infectadas pela doença apresentam branqueamento e produzem grãos “chochos”, deformados, pequenos e com baixo peso específico, ocasionando redução do rendimento final e da qualidade de grãos, levando a perdas significativas nas lavouras (PRESTES et al, 2007).

A doença é favorecida pelo excesso de chuvas que ocasionam longos e frequentes períodos de molhamento foliar (GOULART et al., 2001). Umas das estratégias de manejo da brusone é o uso de fungicidas, mas estima-se que a eficiência do controle químico seja de, no máximo, 50% (MACIEL, 2011). A ineficiência dos fungicidas disponíveis no mercado é devido a agressividade do patógeno ou quando o trigo é cultivado em regiões com condições climáticas favoráveis para a ocorrência de epidemias severas de brusone, além da dificuldade no atingimento do alvo, em decorrência das características inerentes ao sítio de infecção (PANISSON et al., 2004). Contudo, a associação de fungicidas sistêmicos e de contato seria uma alternativa para reduzir perdas ao triticultor pelo danos ocasionados pela Brusone do Trigo, sendo assim, poderia ser uma opção mais eficaz para o controle de tal patologia.

Apesar de não apresentar a eficiência desejada, o controle químico é a principal alternativa utilizada no manejo por parte dos produtores, visto que a

resistência genética, que por sua vez teoricamente seria a melhor alternativa, ainda não há disponibilidade de cultivares resistentes adaptadas as distintas condições de cultivo de trigo no Brasil (PIMENTEL; RIBEIRO; SOUZA, 2014).

1.1 JUSTIFICATIVA

Dada a importância da cultura do Trigo, tanto em relação a quantidade consumida, valores financeiros envolvidos, bem como os diversos produtos industriais fabricados a partir dessa matéria-prima, o conhecimento dos fatores que afetam a qualidade e produção deste cereal são de suma importância, em que, a doença Brusone, pode comprometer a produção em até 90%, dependendo da região de cultivo.

Diante disso, a compreensão da etiologia, sintomas e condições que favorecem a ocorrência da doença além das medidas de controle de tal patologia, são imprescindíveis para o sucesso na produção do Trigo.

1.2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho, foi desenvolver uma revisão de literatura sobre a doença Brusone na cultura do trigo, abordando principais sintomas ocasionados, condição ideal para ocorrência da doença e medidas de controle.

1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão de literatura, desenvolvido por meio de pesquisas em livros, teses artigos publicados em revistas científicas e documentos técnicos. Os materiais foram pesquisados nas bases de dados Google Acadêmico e Scielo, sendo utilizadas as palavras chaves: *Triticum aestivum* L., Brusone, fungos, controle químico, fungicidas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO TRIGO

Um dos cultivos mais antigos explorados pelo homem, o trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea, pertencente à família Poaceae. É uma planta de ciclo anual, com importância na alimentação humana e animal e larga utilização na indústria. O trigo é cultivado há cerca de 10 mil anos a.C., com início na Mesopotâmia, localizada entre os rios Tigre e Eufrates, na região do Crescente Fértil. Na Mesopotâmia, houve a domesticação do trigo e a partir de 5000 anos a.C., foi introduzido na Índia, China e Europa (FERNANDES, et al., 2000).

A cultura do trigo foi responsável pelo surgimento da agricultura e também pela sobrevivência do Homo sapiens na região do Crescente Fértil. Ao que se sabe, desde quando o homem começou a plantar e criar animais, o trigo estava presente. Não somente na alimentação, mas também eram oferecidos aos deuses em formas humanas e de animais. Como símbolo religioso, posteriormente, também foi de suma importância para o catolicismo e para o judaísmo (ABITRIGO, 2024).

A domesticação do trigo e sua utilização na industrialização de alimentos foi fundamental para evolução da humanidade, possibilitando o crescimento da população e a formação de vilas e cidades (SANTOS, FONTANELI; SPERA, 2010).

Atualmente, o trigo é a segunda cultura em produção mundial, sendo superada somente pelo milho. Mundialmente, são produzidas aproximadamente 790 milhões de toneladas do cereal a cada ano, com uma área destinada para cultura de, aproximadamente 221,8 milhões de hectares. Os principais países produtores de trigo são União Europeia, China e Índia (CONAB, 2023; USDA, 2024,). Considerando a produção mundial de grãos, a cultura do trigo corresponde a 30% do volume produzido (EMBRAPA, 2022).

2.1.1 Triticultura no Brasil

O trigo chegou ao Brasil em 1534, trazido por Martim Afonso de Souza, que desembarcou na capitania de São Vicente. Entretanto, o clima quente do país dificultou a expansão da cultura. Foi só na segunda metade do Século XVIII que a

cultura do trigo começou a se desenvolver no Rio Grande do Sul, contudo, no início do Século XIX, a ferrugem dizimou os as lavouras. O plantio só foi retomado nos anos 20 do século passado e partir da década de 40, o cultivo do trigo se expandiu nos estados de Rio Grande do Sul e no Paraná, que se tornaram os principais estados produtores do Brasil (ABRITRIGO, 2024).

No Brasil, o trigo é o principal cereal de inverno cultivado. Nos últimos cinco anos, a produção brasileira cresceu 76%, enquanto a área plantada cresceu 50%. Pesquisas permitiram que a área semeada e o rendimento da cultura fossem aumentados. Quando a pesquisa do trigo foi intensificada no Brasil na década de 1970, a produção nacional de trigo era incipiente, com cultivares de baixo rendimento e falta de tecnologias agrícolas adequadas (EMBRAPA, 2022). Nessa evolução, a produtividade média nas plantações brasileiras saltou de 800 quilos por hectare (kg/ha) em 1970 para um rendimento superior a 3.000 kg/ha em 2022. Entre 1977 e 2022, o crescimento da produtividade foi de 3,5% ao ano em média (EMBRAPA, 2022; CONAB, 2024a).

A produção brasileira atingiu 10,2 milhões de toneladas de trigo na última safra, e uma área plantada de 3,5 milhões de hectares. O trigo brasileiro é cultivado em diversas regiões e épocas distintas, experimentando inúmeros tipos de solo, altitude e condições climáticas, possibilitando o emprego de diferentes pacotes tecnológicos e resultando em produtividades variadas, de acordo com essas condições (CONAB, 2024b).

A produção de trigo no Brasil, se dá principalmente no estado Rio Grande do Sul, com 4,66 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná, com 3,60 milhões de toneladas. Juntos, estes dois estados são responsáveis por aproximadamente 85% de toda produção Nacional (CONAB, 2023).

Pesquisas vêm prospectando novas fronteiras em diferentes ambientes de norte a sul do Brasil, intensificando os sistemas de produção agrícola existentes, com o trigo na rotação de culturas, na alimentação animal e aproveitando melhor áreas que ficam ociosas no inverno (EMBRAPA, 2022). A expectativa é que o Brasil se torne autossuficiente na produção do grão dentro dos próximos dez anos e, para isso, conta com a contribuição da expansão do cultivo no cerrado do Brasil Central (GOV.BR, 2022).

2.2 IMPORTÂNCIA DO TRIGO

A cultura do trigo alimenta toda a humanidade e está presente em muitos alimentos que consumimos (PIANA; CARVALHO, 2008). Dos grãos do trigo, é extraído a farinha branca, integral ou triguilho, os quais podem ser destinados à produção de diversos tipos de alimentos como pães, macarrão, bolos, biscoitos, cereais matinais, quibe, entre outros produtos, fornecendo proteínas de alto valor biológico e carboidratos complexos, como vitaminas do complexo B e ferro (CORNELL; HOVELING, 1998). O trigo também pode ser utilizado para fins industriais como cosméticos, cerveja, entre outros (FORNASIERI FILHO, 2008).

Quando processado, como farinha, é desejável pela indústria alto conteúdo de glúten, que confere características como elasticidade e plasticidade (FORNASIERI FILHO, 2008). Os derivados de trigo, continuarão a ser fundamentais para a alimentação e dificilmente a humanidade encontrará outro alimento semelhante, com qualidade e preço competitivo, que o substitua (BASSOLI, 2018).

O beneficiamento do trigo, gera valiosos subprodutos para alimentação animal. No processo de obtenção da farinha de trigo, 28% do grão não é aproveitado, originando farelo de trigo, um alimento bem popular para o gado leiteiro, que é fornecido, geralmente, em alimentos mais ricos em proteína (FORNASIERI FILHO, 2008).

Além da importância relacionada ao seu potencial de produção e de consumo, o cultivo do trigo no Brasil, também é de grande importância na sustentabilidade de inúmeras propriedades rurais, em que é empregado nos sistemas de rotação e sucessão de culturas. Dessa forma, traz vantagens também no manejo fitossanitário, através da quebra do ciclo reprodutivo de pragas e doenças (SANTOS; FONTANELI, 2002)

2.2.1 Qualidade do Trigo

O trigo é uma das principais matérias-primas alimentícias brasileiras, considerando a quantidade consumida, os valores financeiros envolvidos, bem como os diversos produtos industriais fabricados a partir dessa matéria-prima e de seus derivados. A lista de produtos fabricados com farinha de trigo é muito grande.

Contudo, cada produto necessita de parâmetros físico-químicos e reológicos específicos para que se obtenha o máximo de rendimento e este produto final tenha as características de qualidade desejadas pelo consumidor. Sendo a farinha obtida a partir do trigo, pode-se dizer que, para a fabricação dos vários produtos, são necessários diferentes tipos de trigo (JUNIOR et al., 2013).

A qualidade tecnológica de trigo pode ser definida mediante vários testes físicos (peso do hectolitro e massa de mil grãos); físico-químicas (teor de proteína e número de queda); reológicos – (alveografia, que corresponde à extensibilidade, à tenacidade e à força geral do glúten). A partir da alveografia e do número de queda, as cultivares de trigo são classificadas comercialmente em cinco classes: melhorador, pão, doméstico, básico e outros usos (BRASIL, 2010).

As condições de ambiente (solo, práticas culturais, clima e outras) além do genótipo, influenciam as várias características dos grãos e da farinha, como teor de proteínas, dureza do grão, germinação na espiga, massa do grão, conteúdo de grãos chochos, entre outros, determinando a aptidão dos trigos para os diferentes usos industriais (BEQUETTE, 1989).

Contudo, a qualidade será determinada, principalmente, pelo teor de proteínas e por sua variação, tanto em termos da composição de subunidades, quanto às diferentes frações proteicas que compõem o glúten (BRUNORI et al., 1989). Este fator apresenta grandes oscilações, em especial por depender fortemente do genótipo, ambiente e da interação entre os mesmos (GUARIENTI, 1996).

2.2.2 Condições de Cultivo

Devido à sua ampla adaptação, o trigo, é um cereal cultivado em todo o mundo ao longo de todo o ano, contudo é um cereal que prefere climas temperados e moderadamente secos (JUNIOR et al., 2013). Para o seu crescimento, a temperatura ideal está entre 15 e 20°C. Entretanto, cada fase do desenvolvimento tem uma faixa ideal de temperatura e a variação pode definir a velocidade do ciclo, bem como a passagem de um estádio para o outro (MANFRON et al., 1993).

Para germinação de sementes, à temperatura máxima tolerada é de 34°C. Temperaturas muito elevadas resulta em um secamento rápido do solo ocasionando

má emergência das plântulas e desuniformidade na população de plantas. Além disso, temperaturas altas reduzem o período de formação do tecido (XU et al, 1990)

A vernalização (processo de acumulação de baixas temperaturas, por parte da planta no subperíodo "germinação - formação do talo" para que possa passar ao subperíodo seguinte em boas condições) ocorre quando a temperatura média é de aproximadamente 13°C, com mínimas entre 8 e 2°C e tem efeito apenas até no momento da emergência da penúltima folha MANFRON et al., 1993)

O trigo responde bem a temperaturas baixas durante o perfilhamento, sendo favoráveis geadas no início do desenvolvimento, em contrapartida, geadas tardias, são totalmente desfavoráveis, pois podem alcançar o trigo na fase de floração, trazendo como consequência o abortamento das flores (MANFRON et al., 1993)

As cultivares comerciais de trigo são divididas, majoritariamente, em dois grupos bioclimáticos: “trigos de inverno” e “trigos de primavera” (YAN, 2009). No Brasil, a maioria das cultivares comerciais são caracterizadas como trigos de primavera, devido à transição entre as fases vegetativa e reprodutiva não ser acelerada pela vernalização (CUNHA et al., 2013).

Resumidamente, a temperatura afeta a taxa de desenvolvimento do trigo desde a emergência até a maturação fisiológica. Temperaturas mais elevadas podem resultar na antecipação da floração e esterilidade na espiga. Geadas tardias, na primavera, coincidindo com o espigamento podem levar à redução no número de grãos por espigueta e, consequentemente, causando grandes prejuízos ao rendimento do trigo. Além disso, ventos fortes, especialmente na primavera, causam acamamento da cultura e, dependendo do estádio de desenvolvimento, podem causar grandes perdas no rendimento da cultura (BRASIL, 2021; ZORZO, 2022).

O potencial máximo de produção somente será alcançado quando houver um suprimento de água satisfatório durante o ciclo da cultura, devido ao efeito da água nos tecidos das plantas sobre o crescimento, o desenvolvimento e a produção. Entretanto, pequenos períodos de suprimento inadequado de água, se não coincidirem com períodos críticos das plantas, serão compensados por desenvolvimento posterior em ocasiões favoráveis (LOMAS, 1976). Os períodos mais críticos quanto a necessidade hídrica da cultura, são nos estágios em que ocorre a formação das espigas, na floração e na fase inicial de formação do grão (BELLIDO, 1991).

O excesso de umidade relativa do ar após a floração é preocupante. Os principais riscos de perda de rendimento de grãos nas regiões subtropicais estão relacionados ao excesso de chuva após a maturação fisiológica e o período de colheita, além da ocorrência de geadas e déficit hídrico no florescimento, as quais comumente ocorrem nessas regiões. Nas regiões tropicais, os riscos mais importantes, que contribuem para a redução de rendimento das lavouras, estão relacionados à umidade e à temperatura do ar elevadas durante o período de florescimento e enchimento de grãos. O impacto dessas condições de ambiente tanto pode causar perda de rendimento físico, quanto afetar negativamente o padrão de qualidade tecnológica dos grãos (JUNIOR et al., 2013).

Na região sul, zona tradicional de cultivo que não possui estação seca definida, o excesso de umidade cria um ambiente favorável à ocorrência de doenças. O excesso de chuva e umidade elevada, na fase inicial de enchimento de grãos, pode favorecer doenças de espiga de difícil controle, como giberela na região temperada e brusone na região tropical. Precipitações de granizo e chuvas excessivas no período de colheita são importantes entraves de natureza climática (BRASIL, 2021).

Diante disso, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático é um instrumento importante de apoio à Política Agrícola na área de crédito e securidade rural. Atualmente, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o trigo, como instrumento de política agrícola do Governo Federal, está disponível para oito estados da Federação: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, além do Distrito Federal. Nos estados localizados na região tropical, há zoneamento para cultivo de sequeiro e irrigado, considerados separadamente, em função das diferenças de riscos inerentes aos dois sistemas (JUNIOR et al., 2013).

Apesar dos diversos problemas na cadeia do trigo, há excelentes resultados da cultura, que são devidos ao intenso melhoramento genético e manejo cultural. A elevação do patamar de produtividade de grãos, depende principalmente, do entendimento dos fatores de manejo da cultura e do ambiente que são fatores determinantes do potencial de rendimento de grãos (AKUTAGAWA et al., 2017).

2.3 BRUSONE

A brusone, também chamada de branqueamento de espiga, é uma das principais doenças da cultura do trigo, além disso, constitui um dos principais entraves à expansão da produção tritícola no Brasil. Pode afetar várias partes da planta, contudo, é mais comum e referenciada como doença de ocorrência em espigas. Além de danos quantitativos, a qualidade dos grãos também pode ser afetada em virtude da formação de grãos deformados, de tamanho reduzido e com baixo peso específico.

A brusone surgiu como uma ameaça à produção de trigo que pode causar danos de até 100% na produção sob as condições ambientais favoráveis e cultivares suscetíveis. A brusone do trigo é considerada uma ameaça, e os fungicidas têm demonstrado eficácia limitada (CRUZ; VALENT, 2017). As maiores perdas de produtividade ocorrem quando as infecções de espigas começam durante a floração ou formação inicial de grãos (GOULART et al., 2007). O controle da doença requer a identificação de novas fontes de resistência e uma compreensão completa da epidemiologia da brusone do trigo (CRUZ; VALENT, 2017).

2.3.1 Etiologia e Principais Sintomas da Doença

A brusone é causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae*. O patógeno pode sobreviver, na forma de micélio ou conídio, em restos de culturas, em sementes, em hospedeiros alternativos e em plantas voluntárias da cultura principal. Além do trigo, o fungo pode atacar ampla gama de hospedeiros, como arroz, cevada, milheto, milho, triticale, centeio, azevém e gramíneas nativas (LIMA, 2004).

O fungo pode infectar todos os órgãos aéreos da planta, contudo, o sintoma mais característico ocorre em espigas, nas quais observa-se descoloração prematura da porção da espiga acima do ponto de infecção do patógeno, onde ocorreu a infecção do fungo, sendo este comumente no ráquis. A lesão resultante da infecção dispõe de um formato elíptico e irregular, sua coloração é escura e brilhante, ficando restrita próxima ao ponto de infecção. Espigas afetadas pelo patógeno são facilmente identificadas antes do início da maturação, pelo contraste de cores entre as porções

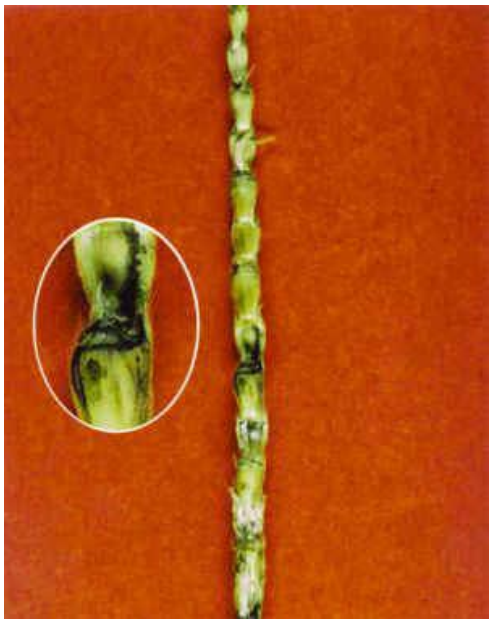
abaixo (verde) e acima (palha) do ponto de infecção (LIMA, 2004), como pode ser observado na FIGURA 1.

Figura 1 – SINTOMA DE BRUSONE ES ESPIGA DE TRIGO

FONTE: Embrapa Trigo (2004).

No ráquis, os sintomas manifestam-se por lesão escura-brilhante, restrita às proximidades do ponto de infecção (FIGURA 2). Além disso, a infecção e colonização da ráquis, promove um ponto de estrangulamento, impedindo a circulação de seiva para o resto da espiga, levando à morte os tecidos acima deste ponto (GOULART, 2005). A colonização de tecidos do hospedeiro é facilitada pela produção de toxinas, que provocam a morte de células, e pelas hifas, que se desenvolvem no tecido morto (LIMA, 2004). No ponto de infecção da raquis, também pode ser observada esporulação cinza ou cinza-escura ou preta do fungo em cultivares altamente suscetíveis (ISLAN et al., 2016).

Figura 2 - SINTOMAS DE BRUSONE EM RÁQUIS DE ESPIGA DE TRIGO

(DETALHE) 

FONTE: Embrapa Trigo (2004).

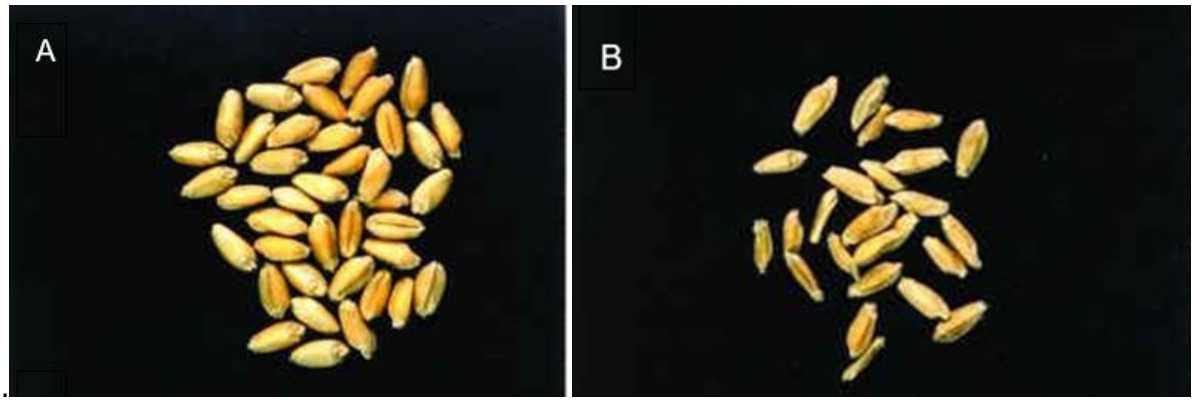
De acordo com Lima (2004), a manifestação sintomática da brusone do trigo em lâminas foliares não é comum e nem tão característica nesta patologia. Contudo, podem ser observadas, ocasionalmente, lesões elípticas com margem cor de marrom-escuro e centro claro (acinzentado) (FIGURA 3). As folhas velhas são mais suscetíveis ao patógeno que as jovens, em ambientes favoráveis em cultivares altamente suscetíveis (SINGH et al., 2021).

Figura 3 - SINTOMAS DE BRUSONE NAS FOLHAS DE TRIGO

FONTE: Embrapa Trigo (2021).

A brusone do trigo é considerada uma das principais doenças que afetam a produção de trigo. A importância econômica dessa doença deriva do fato de que o fungo pode reduzir o rendimento e a qualidade dos grãos (GOULART et al., 2007). As espigas infectadas produzem grãos “chochos”, deformados, pequenos e com baixo peso específico, ocasionando redução da produtividade e da qualidade de grãos, levando a perdas significativas nas lavouras. Os sintomas nos grãos são observados após a trilha da espiga (PRESTES et al, 2007), os quais são frequentemente eliminados durante o processo de debulha mecânica (CRUZ; VALENT, 2017). Os sintomas observados nos grãos estão apresentados na FIGURA 4.

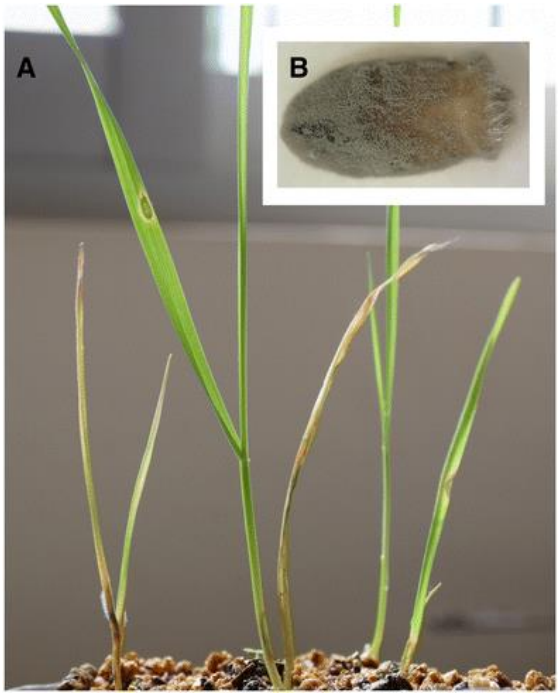
Figura 4 - GRÃOS DE TRIGO ORIUNDOS DE ESPIGAS AFETADAS POR BRUSONE: A) GRÃOS ORIUNDOS DA PARTE SADIA E B) GRÃOS ORIUNDOS DA PARTE AFETADA



FONTE: Embrapa Trigo (2004).

A transmissão do patógeno *MoT* também pode ocorrer por meio de sementes (CRUZ; VALENT, 2017). Sementes contaminadas são consideradas como tendo um papel importante na dispersão do patógeno a longa distância (GOULART; PAIVA 1990). Dessa forma, o patógeno pode ser transmitido da espiga para a semente e de sementes infectadas para plântulas (FIGURA 5).

Figura 5 - TRANSMISSÃO DO PATÓGENO DE SEMENTES INFECTADAS PARA PLÂNTULAS



FONTE: Cruz e Valent (2017).

De acordo com Ceresini et al., (2018a), a infecção de folhas e espigas de plantas pelo patógeno resulta em múltiplas alterações bioquímicas e fisiológicas. Folhas bandeira infectadas apresentam menor atividade da enzima rubisco (ribulose-1,5-bisfosfato-carboxilase/oxigenasse) (DEBONA et al., 2013), bem como assimilação reduzida de CO_2 (RIOS et al., 2017). Folhas infectadas também sofrem com menor influxo de CO_2 como resultado do fechamento estomático (DEBONA, et al., 2013).

Além disso, as concentrações de frutose, glicose, sacarose e amido são drasticamente reduzidas em grãos obtidos de espiguetas infectadas. De acordo com Rios et al. (2017), a concentração do amido em grãos infectados diminui em resposta ao menor transporte de sacarose dos órgãos fotossintéticos a concentração de amido.

2.3.2 Ocorrência no Brasil

No Brasil, a Brusone em trigo foi identificada pela primeira vez no estado do Paraná, em Londrina e região, no ano de 1985. Depois disso, já foi constatada em vários estados. Devido à inexistência de cultivares de trigos resistentes a brusone e fungicidas eficazes para controlar o fungo, o patógeno alcançou ampla distribuição, disseminando-se rapidamente pela maioria das áreas produtoras de trigo no Brasil (ANJOS, 1996). Contudo, as epidemias têm ocorrido com maior frequência nas regiões norte e noroeste do Paraná; Região do Brasil Central (Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais); e sul de São Paulo (Vale do Paranapanema). A ocorrência dessa doença, resulta em reduções na produtividade e na qualidade de grãos (LIMA, 2004).

De acordo com Ceresini et al. (2018a), a brusone do trigo limitou a expansão do cultivo de trigo no Brasil. No estado de Mato Grosso do Sul, a produção de trigo sofreu grande impacto com a ocorrência da doença, e a soma da doença com a ocorrência de seca e outros fatores, reduziram 95% da produção de trigo no estado entre os anos de 1986 e 2016. Em resposta, atualmente os campos de trigo são raros no estado.

A brusone do trigo também impediu a expansão do trigo tropical para a região do Cerrado, abrangendo os estados de Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal de Brasília, região que poderia ter muito sucesso com a produção da cultura. No entanto, o medo de perdas de rendimento causadas pela brusone do trigo leva muitos produtores a evitar o cultivo de trigo tropical (CERESINI et al., 2018b).

2.3.3 Condições ideais para ocorrência de Brusone

A severidade da brusone do trigo varia grandemente em função da região, das condições climáticas e da cultivar em questão. Entretanto, a combinação de altas temperaturas, excesso de chuva, molhamento foliar longo e baixa eficácia fungicida favoreceu a ocorrência desta doença durante os anos de surto. A doença vem sendo considerada de importância econômica nos locais onde tem ocorrido, devido à intensidade dos sintomas que produz, principalmente nas espigas (GOULART et al., 2007).

A condição mais comum de dano por brusone em lavouras de trigo ocorre em combinação de algumas circunstância. Precipitação pluvial, com molhamento da espiga entre 25 e 40 horas (CARDOSO, et al., 2008), dias nublados, temperatura variando entre 24 e 28 ºC e plantas em estádio de espigamento são condições favoráveis (MACIEL et al., 2019). Umidade relativa acima de 90% e longos períodos de orvalho também são favoráveis ao desenvolvimento de brusone (LIMA, 2004).

A disseminação do patógeno ocorre, principalmente, através do vento. Para a germinação do conídio, há necessidade de presença de água livre (LIMA, 2004). Contudo, o padrão de expansão da doença indicou que os meios de dispersão ocorrem tanto transmitidos por sementes quanto pelo ar (MOTTALEB et al., 2018).

De acordo com Maciel et al. (2020), se não houver condições favoráveis para a infecção, não é necessário realizar aplicações de fungicidas.

De acordo com Pequeno et al., (2024), em cenários de mudanças climáticas para o período de 2040–2070, prevê-se que a brusone do trigo se espalhe principalmente nos trópicos e no Hemisfério Sul à medida que a temperatura e a umidade relativa aumentam, resultando em uma perda global potencial de 13% na produção de trigo anualmente. Na América do Sul, a doença pode se expandir ainda mais, principalmente em países que já sofrem perdas devido à doença, incluindo o Brasil.

2.4 CONTROLE DA DOENÇA

A cultura do trigo é atacada por uma variedade de patógenos, responsáveis por danos consideráveis. Para que haja o controle eficiente da doença é necessário um conjunto de técnicas e medidas que devem ser aplicadas conjuntamente. O manejo integrado de doenças é a integração de práticas agronômicas com práticas de controle, que regulam a população do patógeno a níveis toleráveis sem causar danos econômicos, porém o seu sucesso depende da seleção de técnicas apropriadas para os diferentes ecossistemas. Dentre esses estão o conhecimento sobre o potencial do patógeno em causar danos, fatores que favorecem o aumento e a diminuição da doença, práticas agronômicas da cultura e aspectos socioeconômicos (PRABHU & FILIPPI, 2006).

Os danos provocados pela Brusone do trigo podem ser reduzidos de forma adequada adotando práticas de manejo, como a semeadura de cultivares com maior nível de resistência, o uso de sementes de boa qualidade sanitária, selecionar a melhor época de semeadura, evitando a coincidência de condições favoráveis à doença por ocasião do espigamento da cultura, evitar que restos culturais fiquem na área de cultivo, adotando métodos como o da incorporação; realizar rotação de culturas; e o mais utilizado o método de controle químico, por meio de tratamento de sementes e pulverizações de fungicidas de imóveis e sistêmico (IGARASHI, 1988; MACIEL, 2011).

2.4.1 Controle Químico

A pulverização de fungicidas é uma importante estratégia de controle químico da Brusone. Entretanto, uma das maiores dificuldades em relação ao controle químico é a ineficiência dos fungicidas disponíveis no mercado devido a agressividade do patógeno ou quando o trigo é cultivado em regiões com condições climáticas favoráveis para a ocorrência de epidemias severas de brusone (CRUZ et al., 2011).

Os modos de ação dos fungicidas aplicados na cultura são absorvidos e translocados após absorção (mesostêmicos e/ou sistêmicos) ou podem permanecer na superfície externa da planta (imóveis) (MIYAMOTO et al., 2010).

Os fungicidas considerados imóveis (protetores ou de contato) são aqueles que de modo geral possuem ação protetora, sendo assim, devem ser aplicados antes da constatação da doença no campo, ou seja, de modo anterior a infecção do esporo do fungo nos tecidos vegetais. Após a aplicação o produto permanece na superfície da planta criando uma barreira protetora, sendo toxica a patógenos. Sua ação é classificada como não especifica, aplicados para proteção de folhas e sementes.

Já os fungicidas considerados sistêmicos são aplicados sobre os tecidos vegetais por meio de pulverizações com intenção de evitar a infecção do fungo na planta, cujo seu princípio ativo é absorvido por folhas e/ou raízes, translocando pelo sistema condutor da planta (simplástico e apoplástico), fornecendo assim uma ação protetora mais duradoura e sítio específica, se comparada com fungicidas pertencentes a outros modos de ação (REIS et al., 2001). São produtos altamente

solúveis em água pura, e são considerados específicos em relação ao modo de ação (ZAMBOLIM; VALE; CHAVES, 1995).

Apesar de ser uma importante estratégia de manejo no controle da brusone, estima-se que a eficiência do controle químico seja de, no máximo, 50% (MACIEL, 2011). Essa baixa eficiência está associada às dificuldades no atingimento do alvo, em decorrência das características inerentes ao sítio de infecção (espiguetas da planta), além da própria efetividade do princípio ativo do fungicida utilizado contra o patógeno (PANISSON et al., 2004). Essa complexidade de domínio da Brusone pelos fungicidas faz com que essa doença se torne ainda mais preocupante.

De acordo com Igarashi (1988a), a associação de fungicidas sistêmicos e de contato seria uma alternativa para reduzir perdas por danos ocasionados pela Brusone do Trigo, sendo assim poderia ser uma opção mais eficaz para o controle de tal patologia, e também minimizar os impactos ambientais por meio do manejo eficiente da Brusone, gerando maior sustentabilidade do agroecossistema.

Os primeiros fungicidas utilizados para controlar a doença nos anos 80 era à base de ditiocarbomatos associados aos benzimidazóis e/ou organo-estâmicos, aplicados no início do espigamento em intervalos de 12 dias e mostravam níveis satisfatórios de controle na época (IGARASHI, 1988b).

Produtos em forma de mistura de princípios ativos têm apresentado níveis variados de controle, como é o caso de Epoxiconazole + Pyraclostrobium, Azoxystrobin, Propiconazole + Trifloxystrobin e Tebuconazole + Trifloxystrobin. O Tebuconazole e Metconazole já foram registrados e apresentam eficiência de 30 a 50% (RIEDI, 2004). Além da pulverização de fungicidas nas plantas, pode-se realizar o tratamento de sementes (CRUZ, 2008).

Com o objetivo de avaliar a eficiência de fungicidas no controle da brusone em quatro genótipos de trigo, foram utilizados três fungicidas, com princípios ativos distintos, sendo epoxiconazol + piraclostrobina, tebuconazol e tebuconazol + trifloxistrobin. Contudo, o controle da brusone em trigo através da aplicação destes fungicidas mostrou-se eficiente apenas em folhas bandeira, mas não eficiente para o controle nas espigas (ROCHA et al., 2014).

Ao final do ano de 2010, foi estabelecido um grupo de trabalho com o objetivo de planejar e executar ensaios padronizados para avaliar a eficiência de fungicidas registrados, ou em fase de registro, no controle da brusone do trigo, ensaios foram

conduzidos em diferentes regiões tritícolas de elevada incidência da doença. Os fungicidas avaliados pertencem ao grupo químico triazol, isoladamente, ou em mistura com fungicidas do grupo das estrobilurinas. Apesar da redução da ocorrência da doença com diferenças positivas nos rendimentos das parcelas tratadas com fungicidas, nos ensaios com elevada ocorrência de brusone, o nível de controle promovido não foi suficiente para manter rendimentos compatíveis com médias de rendimento da cultura do trigo no Brasil. Em locais com 100% de incidência de brusone nas parcelas não tratadas, o melhor tratamento (controle positivo) reduziu a incidência para 74%, resultando em variação do rendimento de grãos de 487 para 920 kg ha^{-1}, ainda muito abaixo do potencial de rendimento da cultura do trigo de acordo com a CONAB, a média nacional na safra de 2012 foi de 2.269 kg ha^{-1} (SANTANA, et al., 2013).

Com o objetivo de avaliar a eficiência de diferentes fungicidas associados ou não, no controle da brusone do trigo, foram testados: trifloxistrobina + tebuconazole; trifloxistrobina + protioconazole; tebuconazole + solução nutritiva cobre; mancozebe + tiofanato metílico; azoxistrobina + tebuconazole; mancozebe, em três aplicações. Entretanto, nenhum dos fungicidas testados foram eficientes no controle da brusone na espiga (VENANCIO et al., 2015).

Estudos desenvolvidos por Mazeto; Custódio (2017) permitiu concluir que houve maior produtividade numérica com a aplicação dos fungicidas Opera+assist+Unizeb, sendo a média de produtividade igual a 4.011,24 kg/ha, onde também foi constatado melhor controle da Brusone do Trigo; e a menor produtividade numérica foi constatada nas áreas com a aplicação dos fungidas Priori + Nimbus, a produtividade nesta situação foi 17% menor (3.308,36 kg/ha).

O controle químico para a doença Brusone do Trigo é uma metodologia considerada de baixa eficiência devido a ineficiência dos fungicidas disponíveis no mercado em função da ampla gama de isolados do fungo causador da patologia (PIMENTEL; RIBEIRO; SOUZA, 2014), além da agressividade do patógeno quando o trigo é cultivado em regiões com condições climáticas favoráveis para a ocorrência de epidemias severas de brusone. Além disso, o custo de produção do trigo é encarecido pela aplicação de fungicidas, os quais também colocam em risco a saúde do aplicador e o meio ambiente (CRUZ et al., 2011). Entretanto se torna a principal alternativa para o controle em produções comerciais, visto que a resistência genética, que por sua vez

teoricamente seria a melhor alternativa, ainda não obteve cultivares resistentes que fossem adaptadas as condições climáticas do Brasil (PIMENTEL; RIBEIRO; SOUZA, 2014).

Segundo Urashima et al. (2004), as diferenças entre resultados obtidos em diferentes experimentos podem ser atribuídas à variabilidade do patógeno. Os fungos filamentosos assim como *M. oryzae* apresentam mecanismos de variabilidade genética que lhes conferem uma maior adaptação a ambientes e hospedeiros distintos.

2.4.2 Cultivares Resistentes

Devido a ineficiência dos fungicidas disponíveis no mercado, e a inexistência de cultivares resistentes a doença, os programas de melhoramento de trigo objetivam identificar fontes de resistência à brusone que possam fazer parte dos blocos de cruzamento, visando à incorporação de genes de resistência a doença (CRUZ, 2008).

O uso de cultivares resistentes é o melhor método de controle de doenças, tanto pelas vantagens do ponto de vista econômico, quanto ambiental (ROCHA et al., 2014). No caso da brusone, o desenvolvimento de cultivares resistentes torna-se mais necessário em virtude da baixa eficiência dos fungicidas recomendados para a cultura (URASHIMA, 1999). Contudo, representa um desafio para os melhoristas devido à ampla variabilidade genética do patógeno (URASHIMA; KATO, 1998) e ao reduzido número de fontes de resistência encontradas em trigo comum (CRUZ et al., 2010).

De acordo com Urashima et al. (2004), a busca pela resistência à brusone tem sido intensa desde o primeiro relato da doença no final da década de 80, entretanto, os resultados tem sido considerados erráticos e inconsistentes, pelo fato dos genótipos de trigo aparentemente resistentes se comportarem como suscetíveis em outras regiões do país. Embora algumas cultivares tolerantes ou moderadamente resistentes à brusone do trigo tenham sido identificadas em áreas geográficas localizadas, nenhuma cultivar resistente durável foi desenvolvida até hoje (MOTTALEB et al., 2018).

A identificação e a implantação de novas fontes de resistência são impreteríveis e a busca por resistência efetiva está em andamento no Brasil, Paraguai, Bangladesh e Bolívia. A colaboração internacional é muito necessária para a triagem

e identificação de novas fontes de resistência. Tecnologias modernas, incluindo plataformas avançadas de melhoramento de plantas e fenotipagem, devem ser usadas para descobrir novas fontes de resistência e acelerar o desenvolvimento de germoplasma resistente (CRUZ; VALENT, 2017).

2.4.3 Manejo Integrado da doença

Por fim, o manejo da brusone do trigo exige a adoção de abordagens integradas de manejo de doenças, pois seu patógeno tem uma ampla gama de hospedeiros (PAGANI et al., 2014). É relatado que o inóculo sobrevive em resíduos de culturas (CERSINI et al., 2019), assim, o manejo de hospedeiros gramíneos ao redor dos campos de trigo é muito importante, pois pode reduzir o acúmulo de inóculo (SINGH et al., 2021).

A maior redução de rendimento da cultura, ocorre no estágio de espigamento por infecção do patógeno transportados pelo ar, vindos da própria área ou de hospedeiros secundários próximos. No entanto, o tratamento de sementes com fungicida é uma importante estratégia para limitar a infecção inicial e o acúmulo de inóculo no campo (SINGH et al., 2021). Além disso, a rotação de culturas, empregando-se espécies não hospedeiras, como as leguminosas, pode ajudar a minimizar a densidade do inóculo e reduzir a pressão da doença (PAGANI et al., 2014).

O ajuste na data de plantio é outra estratégia eficaz de mitigação contra a doença. Chuvas durante o estágio de floração seguidas por dias quentes e úmidos são os principais fatores que levam ao desenvolvimento da doença (MACIEL et al., 2019). Portanto, as datas de plantio devem ser decididas considerando as condições locais, trabalhando para que o espigamento da cultura, não coincida com as condições ambientais consideradas ótimas para o desenvolvimento da doença (SINGH et al., 2021).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A brusone do trigo é uma doença muito desafiadora de se controlar, e nenhuma estratégia é capaz de atingir um nível satisfatório de controle. A doença está entre os fatores que apresenta maior risco na produção de trigo, pois os danos podem ser superiores a 90% em safras com condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento da doença.

O controle químico para a doença é uma medida considerada de baixa eficiência, devido a ineficiência dos fungicidas disponíveis no mercado em função da ampla variabilidade do fungo causador da doença, além da agressividade do patógeno quando o trigo é cultivado em regiões com condições climáticas favoráveis para a ocorrência de epidemias severas de brusone.

Apesar de não ser tão eficiente, o controle químico se torna a principal alternativa para o controle de Brusone em produções comerciais, visto que a resistência genética, que por sua vez teoricamente seria a melhor alternativa, ainda não obteve cultivares resistentes que fossem adaptadas as condições climáticas do Brasil.

A identificação de fontes de resistência à brusone em trigo, bem como de novas moléculas fungicidas eficientes no controle da doença, proporcionaria grandes incrementos em produtividade e qualidade do trigo produzido no Brasil.

Por fim, a adoção de abordagens de manejo integrado da doença é indispensável para mitigar os efeitos da brusone do trigo.

REFERÊNCIAS

ABITRIGO. **A história do Trigo**. 2008. Disponível em: https://www.abitrigo.com.br/?mpg= Acesso em: 10 abr. 2024.

AKUTAGAWA, K. H.; MOREIRA, R. E.; SILVA, A. A. D. A. Fatores e técnicas de produção da cultura do trigo visando à produtividade e qualidade. **XI Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial**, p. 1-10, 2017.

ANJOS, J.R.N.D.; SILVA, D.B.; CHARCHAR, M.J.D.; RODRIGUES, G.C. Ocorrência de brusone (*Pyricularia grisea*) em trigo e centeio na região dos cerrados do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.1, p.79-82, 1996.

BASSOLI, P. A. C. **Interação calcário e zinco na soja e o efeito residual no trigo**. 2018, 86F. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2018.

BELLIDO, L.L. **Cultivos herbáceos**: cereales. Madrid: Mundi- Prensa, 1990, 539p.

BEQUETTE, R.K. Influence of variety and “environment” on wheat quality. Association of Operative Millers – Bulletin, Leawood, p. 5443-5450, 1989.

BRASIL. Secretaria de Política Agrícola/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria SPA/MAPA Nº 609, de 16 de dezembro de 2021. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do trigo de sequeiro no Estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2021/2022. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 20 dez. 2021, seção 1, 23 p.

BRUNORI, A.; GALTERIO G.; ZANNETTINO, C.; POGNA, N.E. Bread-making quality indices in Triticum aestivum progenies:implications in breeding for better bread wheat. Plant Breeding, Berlin, v. 102, n. 3, p. 222-231, 1989.

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

CERESINI, P. C.; CASTROAGUDÍN, V. L.; RODRIGUES, F. Á.; RIOS, J. A.; AUCIQUE-PÉREZ, C. E.; MOREIRA, S. I.; CROLL, D.; ALVES, E.; CARVALHO, G. de; MACIEL, J. L. N. Wheat blast: from its origins in South America to its emergence as a global threat. **Molecular Plant Pathology**, v. 20, n. 2, p. 155-172, 2018a.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento e Pecuária. Safra Brasileira de Grãos. 2024b. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos. Acesso em: 10 abr. 2024

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento e Pecuária. Séries históricas das safras. 2024a. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/913-trigo Acesso em: 10 abr. 2024

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento e Pecuária. Superintendência de Estudos de Mercado e Gestão da Oferta. 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/download/48708_c4d2434863f119d8a200c38bc0f4344d. Acesso em: 10 abr. 2024.

CORNELL, H. J.; HOVELING, A. W. Wheat: chemistry and utilization. Lancaster: **Technomic Publishing**, 1998, 426 p.

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

CRUZ, M. F. A. Caracterização padrão molecular e de virulência de isolados de *Pyricularia grisea* do trigo, 2008, 126F. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2008).

CRUZ, M. F. A.; DINIZ, A. P. C.; RODRIGUES, F. A.; BARROS, E. G. D. Aplicação foliar de produtos na redução da severidade da brusone do trigo. **Tropical Plant Pathology,** 36, 424-428, 2011.

CRUZ, M.F.A.; PRESTES, A.M.; MACIEL, J.L.N.; SCHEEREN, P.L. Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e de planta adulta. **Tropical Plant Pathology**, v.35, n. 1, p. 24-31, 2010.

CUNHA, G. R. DA; PASINATO, A.; DE GOUVÊA, J. A.; DE CASTRO, R. L.; SCHEEREN, P. L.; CARGNIN, A.; ... SANTI, A. Comportamento bioclimático de trigos brasileiros. 2013. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1029713/1/ID434252013reuniaotrigoecologia161.pdf Acesso em: 11 abr. 2024.

CUNHA, G. R., PASINATO, A., DE GOUVÊA, J. A., DE CASTRO, R. L., SCHEEREN, P. L., CARGNIN, A., ... & SANTI, A. Comportamento bioclimático de trigos brasileiros. In: Reunião Da Comissão Brasileira De Pesquisa De Trigo E Triticale, 7., 2013, Londrina. [Trabalhos ...]. Londrina: Fundação Meridional, 2013. 5 p.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F.A.; RIOS, J.A.; MARTINS, S.C.V.; PEREIRA, L.F.; DAMATTA, F.M. Limitations to photosynthesis in leaves of wheat plants infected by *Pyricularia oryzae*. ***Phytopathology***, v.104, p. 34–39, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Uma colheita de trigo para fazer história. 2022. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/77085844/trigo-uma-safra-para-ficar-na-

historia#:~:text=O%20trigo%20representa%2030%25%20da,gr%C3%A3o%20mais%20consumido%20pela%20humanidade. Acesso em: 10 abr. 2024.

EMBRAPA TRIGO. Sintomas de brusone na folha de trigo, 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/5631001/sintomas-de-brusone-na-folha-de-trigo. Acesso em: 11 abr. 2024.

FERNANDES, M. I. B. D. M.; ZANATTA, A. C. A.; PRESTES, A. M.; CAETANO, V. D. R.; BARCELLOS, A. L.; ANGRA, D. C.; PANDOLFI, V. Cytogenetics and immature embryo culture at Embrapa Trigo breeding program: transfer of disease resistance from related species by artificial resynthesis of hexaploid wheat (Triticum aestivum L. em. Thell). **Genetics and Molecular Biology**, v. 23, p. 1051-1062, 2000.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do Trigo**. Jaboticabal: FUNEP, 2008, 338 p.

FOURAR-BELAIFA, R.; FLEURAT-LESSARD, F.; BOUZNAD, Z. A systemic approach to qualitative changes in the stored-wheat ecosystem: prediction of deterioration risks in unsafe storage conditions in relation to relative humidity level, infestation by Sitophilus oryzae (L.), and wheat variety. **Journal of Stored Products Research**, v.47, p.48-61, 2011.

GOULART, A. C. P. Trigo: chave do problema. Pelotas: Caderno Técnico Cultivar Trigo, 2005. p. 7-10. Circular encartado em Cultivar: Grandes Culturas Pelotas, n. 73, maio 2005.

GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. Avaliação de fungicidas no controle da brusone (Pyriculariaoryzae) do trigo (T. aestivum). **Fitopatologia Brasileira**. v. 18, n. 2. p. 167-173, 1993.

GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. A. Perdas no rendimento de grãos de trigo causada por *Pyricularia grisea*, nos anos de 1991 e 1992, no Mato Grosso do Sul. **Summa Phytopathol** v. 26, p. 279–282, 2000.

GOULART, A. C. P.; PAIVA, F. A. Transmission of Pyricularia oryzae by wheat *Triticum aestivum* seeds. **Fitopatologia Brasileira,** v. 15, p. 359–362, 1990.

GOULART, A. C. P.; SOUSA, P. G.; URASHIMA, A. S. Danos em trigo causados pela infecção de Pyricularia grisea. **Summa Phytopathologica**, v. 33, p. 358-363, 2007.

GOV.BR. Brasil pode se tornar autossuficiente na produção de trigo nos próximos dez anos. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/10/brasil-pode-se-tornar-autossuficiente-na-producao-de-trigo-nos-proximos-dez-anos. Acesso em: 10 abr. 2024.

GUARIENTI, E. M. Qualidade industrial de trigo. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1996. 36 p. (Documentos, 27). Disponível em:

https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/849741/1/CNPTDOC.2796.pdf. Acesso em: 29 ago. 2024.

IGARASHI, S.; UTIAMADA, C.M.; IGARASHI, L.C.; KAZUMA, A.H.; LOPES, R.S.; *Pyricularia* em trigo. I. Ocorrência de *Pyricularia* sp. no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, p. 351–352, 1986.

IGARASHI, S. “Brusone” do trigo, controle. In: Reunião Nacionas de Pesquisa de Trigo, Passo Fundo: EMBRAPA, p. 159, 1988a.

IGARASHI, S. Uma análise da ocorrência de “brusone” do trigo no Paraná. In: Seminário sobre Melhoramento para a Resistência a Enfermidades, Passo Fundo: EMBRAPA, p. 19, 1988a.

ISLAM, M. T.; CROLL, D.; GLADIEUX, P. et al. Emergence of wheat blast in Bangladesh was caused by a South American lineage of *Magnaporthe oryzae*. **BMC biology**, v. 14, p. 1-11, 2016.

JUNIOR, A. L. M.; PASINATO, A.; SANTI, A.; FAGANELLO, A.; TIBOLA, C. S.; ... WIETHOLTER, S. Cultivo de Trigo, 2° Edição, Embrapa, 2013, 354 p. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1155370/cultivo-de-trigo Acesso em: 11 abr. 2024.

LIMA, M. I. P. M. Giberela ou Brusone? Orientações para a identificaçãoo correta dessas emfermidade em trigo e em cevada. Passo Fundo: Embrapa Trigo. Documentos 40. 2004, 32 p.

LOMAS, J. **Meteorological requirements of the wheat crop proceedings of WMO Symposium on Agrometeorology of the wheat crop** Braunschweig: Federal Replubic of Germany, WMO, 1976, Supplement N. 396, p. 1-29.

MACIEL, J. L. N. Diseases affecting wheat: wheat blast. In: **Integrated disease management of wheat and barley**. Burleigh Dodds Science Publishing, 2018. p. 175-190.

MACIEL, J.L.N. Magnaporthe oryzae, the blast pathogen: current status and options for its control. **Reviews Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources,** v. 6, n. 50, p. 1-8, 2011.

MANFRON, P.A.; LAZZAROTTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. Trigo – Aspectos agrometeorológicos. **Ciência Rural**, v. 23, n. 2, p. 233-239, 1993.

MAZETO, C. C. R.; CUSTÓDIO, A. A. de P. Associação de fungicidas sistêmicos e de contato no controle da brusone em espigas de trigo. In: Anais do seminário do programa de iniciação científica do Iapar, XXV, 2017, Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, v. 25, p. 60-60, 2017.

MIYAMOTO, T.; ISHII, H.; STAMMLER, G.; KOCH, A.; OGAWARA, T.; TOMITA, Y. Distribution and molecular characterization of Corynespora cassiicola isolates resistant to boscalid. **Plant Pathol**. 59:873–881, 2010.

MOREIRA, C.; CAMACHO, M. A.; GRAICHEN, F. A. S. Redução da severidade da brusone do trigo com aplicação foliar de sulfato de zinco. **Summa Phytopathologica**, v. 46, p. 255-259, 2020.

MOTTALEB, K. A.; SINGH, P. K.; KRUSEMAN, G.; TIWARI, T. P.; BARMA, N. C. D.; MALAKER, P. K.; BRAUN, H. J.; ERENSTEIN, O. Threat of wheat blast to South Asia's food security: an ex-ante analysis. **PLoS One**, v. 13, n. 5, p. e0197555, 2018.

PAGANI, A. P. S.; DIANESE, A. C.; CAFÉ-FILHO, A. C. Management of wheat blast with synthetic fungicides, partial resistance and silicate and phosphite minerals. **Phytoparasitica**, v. 42, p. 609-617, 2014.

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.

PEQUENO, D. N. L.; FERREIRA, T. B.; FERNANDES, J. M. C.; SINGH, P. K.; PAVAN, W.; SONDER, K.; ROBERTSON, R.; KRUPNIK, T. J.; ERENSTEIN, O.; ASSENG, S. Production vulnerability to wheat blast disease under climate change. **Nature Climate Change**, v. 14, n. 2, p. 178-183, 2024.

PIANA, C. F. de.; CARVALHO, F. I. F. **Trigo.** In: Barbieri, R. L.; STUMP, E. R. T. (Ed.). Origem e evolução de plantas cultivadas. Pelotas: Embrapa Clima temperado, 2008. p. 821-851.

PICININI, E. C. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. Revisão Anual de Patologia de Plantas, v. 2, p. 335-355, 1994.

PRABHU, A. S.; BEDENDO, I. P. **Brusone em arroz**: controle genético, progresso e perspectivas. Embrapa Arroz e Feijão, 2006, 388p.

PRESTES, A. M.; ARENDT, P. F.; FERNANDES, J. M. C.; SCHEEREN, P. L. **Resistance to Magnaporthe grisea among Brazilian wheat genotypes**. In: BUCK, H. T.; NISI, J. E.; SALOMON, N. (Ed.). Wheat production in stressed environments. Dordrecht: Springer, 2007. p. com/chapter/10.1007/1-4020-5497-1_16.

REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; REIS, A. C. Manual de fungicidas, guia para o controle químico de doenças de plantas. Florianópolis, SC: Editora Insular, 2001.

RIEDI, C. R. Alerta no PR. Cultivar: Grandes culturas, Pelotas, n. 65, p. 13, 2004.
ROCHA, J. R. D. A. S. D. C.,

PIMENTEL, A. J. B., RIBEIRO, G., & SOUZA, M. A. D. Eficiência de fungicidas no controle da brusone em trigo. **Summa Phytopathologica,** 40, 347-352, 2014.

RIOS, J.A.; RIOS, V.S.; AUCIQUE-PÉREZ, C.E.; CRUZ, M.F.A.; MORAIS, L.E.; DAMATTA, F.M.; RODRIGUES, F.A. Alteration of photosynthetic performance and source–sink relationships in wheat plants infected by *Pyricularia oryzae*. **Plant Pathology** v.66, p. 1496–1507, 2017.
ROCHA, J. R. A. S. C.; PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUZA, M. A. Eficiência de fungicidas no controle da brusone em trigo. **Summa Phytopathologica**, v. 40, p. 347-352, 2014.

SANTANA, F. M.; MACIEL, J. L.; LAU, D.; CARGNIN, A.; SEIXAS, C. D.; BASSOI, M. C., ... CUSTÓDIO, A. D. P. Eficiência de fungicidas para controle de brusone em trigo: resultados dos ensaios cooperativos-safra 2012. 2013.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Aspectos técnicos na elevação do rendimento de grãos das culturas no Brasil, em plantio direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002, 5 p.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. **Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010.,

SINGH, P. K.; GAHTYARI, N. C.; ROY, C.; ROY, K. K.; HE, X.; TEMBO, B.; XU, K.; JULIANA, P.; SONDER, K.; KABIR, M. R. Wheat blast: a disease spreading by intercontinental jumps and its management strategies. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 710707, 2021.

URASHIMA, A. S.; LAVORENT, N.A.; GOULART, A.C.P.; 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.

URASHIMA, A.S. Genetic analysis of Magnaporthe grisea pathogenicity on wheat. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, p. 567-569, 1999.

URASHIMA, A.S.; KATO, H. Pathogenic relationship between isolates of Pyricularia grisea of wheat and other hosts at different host developmental stages. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 30-35, 1998.

USDA - United States Department Of Agriculture. Crop Production. 2024. Disponível em: https://www.usda.gov/topics/farming/crop-production. Acesso em: 10 abr. 2024.

VENANCIO, J.; SEIXAS, C. D. S.; GOULART, A.; SANTANA, F. Eficiência de Fungicidas no Controle da Brusone do Trigo. Embrapa, 2015.

XU, A; BARK, D.; BARNET, F. L .. et al. Effect of temperature and genotype on duration of pollen maturation in wheat. **Botanical Gazette,** Chicago, v. 151, n. 1, p. 10-3, 1990.

YAN, L. The flowering pathway in wheat. In. CARVER, B. F. (ed.). Wheat: science and trade. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009. p. 57-72.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. R. do; CHAVES, G. Controle químico de doenças de plantas. Brasília: ABEAS, 1995, 307p.