

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**



Dissertação

**Protocolos de avaliação da resistência do trigo (*Triticum aestivum* L.) à  
brusone e caracterização de genótipos em diferentes ambientes**

**Amanda Valentini Baseggio**

Pelotas, 2021

**Amanda Valentini Baseggio**

**Protocolos de avaliação da resistência do trigo (*Triticum aestivum* L.) à  
brusone e caracterização de genótipos em diferentes ambientes**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração Fitomelhoramento.

Orientador: Ph.D. Antonio Costa de Oliveira - FAEM/UFPeI  
Coorientador: Dr. Eduardo Venske - FAEM/UFPeI  
Coorientador: Dr. Leandro José Dallagnol - FAEM/UFPeI

Pelotas, 2021

Amanda Valentini Baseggio

**Protocolos de avaliação da resistência do trigo (*Triticum aestivum* L.) à brusone e caracterização de genótipos em diferentes ambientes**

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa:

27 de agosto de 2021

**Banca examinadora:**

Prof. Ph.D. Antonio Costa de Oliveira (Orientador)

Ph.D. pela Universidade de Purdue

Prof. Dr<sup>a</sup>. Camila Pegoraro

Doutora pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr<sup>a</sup>. Solange Ferreira da Silveira Silveira

Doutora pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Cley Donizeti Martins Nunes

Doutor pela Universidade Federal de Pelotas

**Dedico**

A minha família, pelo amor e apoio incondicional

*“Tudo que a mente humana pode conceber, ela pode conquistar”.*  
(Napoleon Hill)

*“Grazie per tutto il mio Dio”.*

## **Agradecimentos**

Primeiramente aos meus pais, Jaime e Geneci, que estiveram sempre presentes me apoiando e dando forças para que eu continuasse na luta durante essa etapa da minha vida. Sempre me senti segura para continuar.

Aos professores, em especial meus orientadores, Antônio Costa de Oliveira, Eduardo Venske e Leandro José Dallagnol, pela amizade e por compartilharem seus ensinamentos no decorrer deste trabalho.

As amigadas que formei, em especial a Jenniffer, Valéria, Cezar Augusto e Alfonso.

Ao Centro de Genômica e Fitomelhoramento, a Universidade Federal de Pelotas, a Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel e ao CNPq, pela oportunidade em realizar a pós-graduação.

Gratidão a todos os demais professores, colegas e amigos que de alguma forma contribuíram para que este trabalho pudesse ser realizado e concluído.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

BASEGGIO, A. V. **Protocolos de avaliação da resistência do trigo (*Triticum aestivum* L.) à brusone e caracterização de genótipos em diferentes ambientes**. 2021. 99f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Fitomelhoramento). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2021.

O trigo (*Triticum aestivum* L.) possui grande importância mundial, devido a demanda de seus derivados tanto para alimentação humana quanto animal. O Brasil não é autossuficiente na produção deste cereal, produzindo menos da metade do que é consumido. Uma das principais doenças que vem acometendo as regiões tritícolas é a brusone, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* patótipo *triticum*, causadora de danos severos. Até o momento, são escassas cultivares com satisfatória resistência, o que põe pressão aos programas de melhoramento genético. Métodos eficientes de avaliação da resistência são altamente úteis nesse contexto, e também escassos. O objetivo deste trabalho foi estudar protocolos de avaliação de resistência à brusone em trigo, em condições de campo e casa de vegetação. Um inóculo de mais alta agressividade foi escolhido previamente em estudos piloto. No estudo de campo, oito genótipos contrastantes foram avaliados em 2019, em dois locais e sob três condições de inoculação. Não foi possível observar sintomas visuais da doença em nenhum tratamento, possivelmente devido às condições meteorológicas. Houve diferenças visíveis quanto aos caracteres agrônômicos, e OR Marfim pôde ser confirmado como suscetível à moléstia. O protocolo precisa ser melhor validado, mas ambas inoculações testadas mostraram indícios sutis de potencial eficiência. No estudo de casa de vegetação, seis genótipos foram avaliados durante dois anos (2019 e 2020) e sob seis condições de inoculação, envolvendo diferentes estádios e formas de aplicação do inóculo. Uma variada e massiva gama de resultados foi verificada. Todos os métodos testados apresentam algum nível de eficiência, porém o melhor método é o de aspersão da solução de inóculo no florescimento das plantas, pois melhor permitiu a diferenciação dos genótipos.

Palavras-chave: estresse biótico; inoculação; *Pyricularia oryzae* patótipo *Triticum*; rendimento de grãos; severidade, resistência genética.

## ABSTRACT

BASEGGIO, V. A. **Evaluation protocols of wheat (*Triticum aestivum* L.) resistance to blast and genotype characterization in different environments.** 2021. 99f.

Dissertation (Master of Science) – Graduate Program in Agronomy (Concentration area: Plant Breeding). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - RS, 2021.

Wheat (*Triticum aestivum* L.) shows high importance worldwide, due to the demand for its derivatives for both human food and animal feed. Brazil is not self-sufficient in the production of this cereal, producing less than half of what is consumed. Wheat blast, caused by the fungus *Pyricularia oryzae* *Triticum* pathotype, is an important shoot disease in the crop. Wheat blast resistant cultivars are scarce, which pose pressure to plant breeding. Resistance evaluation methods are highly useful, but also scarce. The aim of this work was to evaluate wheat blast resistance assessment protocols at field and greenhouse conditions. A pilot experiment allowed for selecting an aggressive isolate for the experiments. In the field study, eight contrasting genotypes were assayed in 2019, in two regions and under three inoculation conditions. There were no visual disease symptoms in any treatment, possibly due to the meteorological conditions experienced. There were sensible differences regarding the agronomic traits, and OR Marfim was confirmed as susceptible to blast. The protocol has to be better validated, but both inoculations tested showed to be potentially efficient. In the greenhouse study, six genotypes were assayed during two years (2019 and 2020) and under six different types of inoculations, i.e., plant stages and types of inoculum application. A varied and massive amount of results was obtained. All methods showed a certain level of efficiency, but spraying the inoculum at the flowering stage harvest the best results, allowing a clear differentiation of the genotypes studied.

Keywords: biotic stress; inoculation; *Pyricularia oryzae* pathotype *Triticum*; grain yield; severity, genetic resistance.

## Lista de Figuras

- Figura 1.1 - Condições climáticas observadas no município de São José do Ouro-RS durante ciclo da cultura do trigo na safra de 2019..... 22
- Figura 1.2 - Condições climáticas observadas no município de Capão do Leão-RS durante ciclo da cultura do trigo na safra de 2019..... 23
- Figura 1.3 - Escala diagramática para quantificação da severidade de brusone em espigas de trigo..... 24
- Figura 2.1 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-5; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020. .... 68
- Figura 2.2 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-9; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão;

L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.  
..... 69

Figura 2.3 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-B8; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.  
..... 70

Figura 2.4 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-B9; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.  
..... 71

Figura 2.5 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo ORS Madre Perola; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas -

emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020. .... 72

Figura 2.6 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo TBIO Toruk; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020. .... 73

Figura 2.7 - Dendograma obtido pelo método UPGMA a partir das médias de desempenho relativo de seis genótipos de trigo: G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - ORS Madre Pérola; G6 - TBIO Toruk; em distintos níveis de inoculações da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2019..... 75

Figura 2.8 - Dendograma obtido pelo método UPGMA a partir das médias de desempenho relativo de seis genótipos de trigo: G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - ORS Madre Pérola; G6 - TBIO Toruk; em distintos níveis de inoculações da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020..... 76

Figura 2.9 - Severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de seis genótipos de trigo: CGF-5; CGF-9; CGF-B8; CGF-B9; ORS Madre Pérola; TBIO Toruk; inoculados sob método de inoculação de ponto e aspersão no florescimento da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020. .... 81

Figura 2.10 - Comportamento de severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de seis genótipos de trigo: CGF-5; CGF-9; CGF-B8; CGF-B9; ORS Madre Pérola; TBIO Toruk; sob método de inoculação de ponto no florescimento da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020..... 82

Figura 2.11 - Comportamento de severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de seis genótipos de trigo: CGF-5; CGF-9; CGF-B8; CGF-B9; ORS Madre Pérola; TBIO Toruk; sob método de inoculação por aspersão no florescimento da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020..... 83

Figura 2.12 - Sintomas de brusone em espigas de trigo, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020; A. Lesões em espigas inoculadas por inoculação de ponto (sem progressão da doença); B. Lesões em espigas inoculadas por inoculação de ponto (com progressão da doença); C. Lesões em espigas inoculadas por inoculação de aspersão..... 84

Figura 2.13 - Sintomas de brusone em folhas de trigo, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020; A. Lesões em folhas jovens; B. Lesões em folha bandeira; C. Lesões em colmos..... 87

## Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Genótipos utilizados no experimento, bem como a descrição genealógica, respectivas empresas obtentoras e informação da reação à brusone. ....	19
Tabela 1.2 - Resumo da análise de variância das avaliações dos caracteres agronômicos de oito genótipos de trigo em função de dois locais de semeadura e três inoculações em diferentes estádios de florescimento. ....	26
Tabela 1.3 - Percentual de floração de oito genótipos de trigo em dois locais, em três distintas inoculações no florescimento. ....	28
Tabela 1.4 - Estatura de planta de oito genótipos de trigo, em dos locais, na safra de 2019. ....	29
Tabela 1.5 - Estatura de planta em três distintas inoculações no florescimento, em dois locais, na safra de 2019. ....	29
Tabela 1.6 - Número de afilhos de oito genótipos de trigo, em dois locais, em três distintas inoculações no florescimento. ....	31
Tabela 1.7 - Comprimento de espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	32
Tabela 1.8 - Comprimento de espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019. ....	32
Tabela 1.9 - Massa de espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	33
Tabela 1.10 - Massa de espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019. ....	33
Tabela 1.11 - Número espiguetas por espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	35

Tabela 1.12 - Número espiguetas por espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019. ....	35
Tabela 1.13 – Número de grãos por espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019. ....	36
Tabela 1.14 - Massa de grãos por espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	37
Tabela 1.15 - Massa de grãos por espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019. ....	37
Tabela 1.16 - Rendimento de grãos de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	38
Tabela 1.17 - Rendimento de grãos de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019. ....	39
Tabela 1.18 - Rendimento de grãos em três distintas inoculações no florescimento, em dois locais, na safra de 2019.....	39
Tabela 1.19 - Massa de mil grãos de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	40
Tabela 1.20 - Peso hectolitro de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019. ....	41
Tabela 2.1 - Genótipos utilizados no experimento, bem como a descrição genealógica, respectivas empresas obtentoras e informação da reação à brusone. ....	52
Tabela 2.2 - Resumo da análise de variância dos caracteres agronômicos de seis genótipos de trigo em função de dois anos de semeadura e seis distintas inoculações. ....	58

Tabela 2.3 - Média de desempenho relativo da estatura de planta de seis genótipos de trigo, em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.....	59
Tabela 2.4 - Média de desempenho relativo de número de afilhos de seis genótipos de trigo, em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.....	62
Tabela 2.5 - Média de desempenho relativo de comprimento de espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.....	63
Tabela 2.6 - Média de desempenho relativo de massa de espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.....	63
Tabela 2.7 - Média de desempenho relativo de número espiguetas por espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020. ....	64
Tabela 2.8 - Média de desempenho relativo de número de grãos por espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020. ....	66
Tabela 2.9 – Média de desempenho relativo de massa de grãos por espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020. ....	67
Tabela 2.10 – Avaliação da severidade de brusone e da área abaixo da curva de progresso da doença, de seis genótipos de trigo submetidos a inoculação no florescimento, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2020. ....	80
Tabela 2.11 - Avaliação da severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, dez dias após a inoculação, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2019 e 2020. ....	88

Tabela 2.12 - Avaliação da severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, vinte dias após a inoculação, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2019 e 2020. .... 89

Tabela 2.13 - Avaliação da severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, trinta dias após a inoculação, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2019 e 2020. .... 90

Tabela 2.14 - Resumo da análise de variância de severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em função de dois anos de semeadura e seis distintas inoculações. .... 91

Tabela 2.15 - Avaliação da severidade de brusone em folha bandeira de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2020. .... 93

## Sumário

<b>Introdução geral .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 1 – Avaliação de caracteres agronômicos de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) submetidos à inoculação de brusone no campo .....</b>	<b>12</b>
1.1 Introdução .....	18
1.2 Material e métodos .....	19
1.2.1 Constituições genéticas.....	19
1.2.2 Arranjo experimental e condução das plantas.....	20
1.2.3 Avaliações fenotípicas.....	23
1.2.4 Análise estatística .....	25
1.3 Resultados e discussão.....	25
1.4 Conclusões.....	42
Referências bibliográficas .....	43
<b>CAPÍTULO 2 – Métodos para avaliação da resistência do trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) à brusone em casa de vegetação .....</b>	<b>49</b>
2.1 Introdução .....	50
2.2 Material e métodos .....	52
2.2.1 Constituições genéticas.....	52
2.2.2 Arranjo experimental e condução das plantas.....	52
2.2.3 Avaliações fenotípicas.....	54
2.2.4 Análises estatísticas .....	55
2.3 Resultados e discussão.....	56
2.3.1 Componentes de rendimento .....	56
2.3.2 Severidade brusone parte aérea plantas.....	77

<b>2.4 Conclusões .....</b>	<b>94</b>
<b>Considerações finais .....</b>	<b>95</b>
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>96</b>

## Introdução geral

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um cereal que possui grande importância mundial, devido a demanda de seus derivados tanto para alimentação humana quanto animal, sendo um dos três cereais mais cultivados no mundo, juntamente com o milho e o arroz (TAKEITI, 2015). Segundo dados da FAO (2021), o trigo é cultivado em 124 países e é considerado essencial na dieta por concentrar elevado valor energético e ser rico em proteínas.

A produção mundial no ano de 2019 foi de 765 milhões de toneladas, sendo a União Europeia o maior centro produtor (FAOSTAT, 2021), e no Brasil, no ano de 2020 foram produzidos 6,23 milhões de toneladas (CONAB, 2021). A região Sul do país, devido a sua condição climática de temperaturas amenas, responde por 87,1% da produção nacional de trigo (CONAB, 2020). Entretanto, o Brasil não é autossuficiente na produção deste cereal, produzindo menos da metade do que é consumido, necessitando importar o grão para suprir a demanda interna, estando, assim, sujeito às arriscadas flutuações de oferta do mercado (USDA, 2020). Durante o ano de 2020 o país adquiriu 6,67 milhões de toneladas visando atender a demanda interna (CONAB, 2021), figurando como o sexto maior importador deste cereal (FAOSTAT, 2019).

A produção de trigo, assim como de qualquer cultura agrícola, está sujeita a perdas, devido à fatores bióticos e abióticos, e dentre os bióticos, estão as doenças, que possuem a capacidade de afetar a cultura durante todo o ciclo de desenvolvimento. As doenças que ocorrem durante o período reprodutivo do trigo são as responsáveis por ocasionar perdas superiores, por isso tem exigido maiores cuidados (LAU *et al.*, 2011). De fato, há algum tempo vem sendo observado o aumento da intensidade e da frequência de moléstias em trigo em muitas regiões onde este cereal é cultivado (MC MULLEN *et al.*, 1997; CRUZ *et al.*, 2019).

No Brasil, uma das principais doenças que vem acometendo as regiões tritícolas, além da giberela, é a brusone, também conhecida pelo branqueamento da espiga. A brusone do trigo foi detectada pela primeira vez no Brasil no estado do Paraná em meados da década de 80 (IGARASHI *et al.*, 1986), sendo causada por

um patógeno fúngico (*Pyricularia oryzae* patótipo *Triticum*), a qual é considerada uma grande ameaça a produção mundial da cultura (CRUZ; VALENT, 2017). A severidade da doença varia grandemente em função da região, das condições climáticas e da cultivar utilizada. Esta moléstia vem sendo considerada de importância econômica nos locais onde tem ocorrido, devido à intensidade dos sintomas que produz, principalmente nas espigas, e, especialmente, aos prejuízos à produtividade (CRUZ *et al.*, 2015). Há relatos de expressivas perdas de rendimento no Brasil (GOULART *et al.*, 2007), Bolívia (BAREA; TOLEDO 1996), Paraguai (KOHLLI *et al.*, 2011) e, mais recentemente em Bangladesh (ISLAM *et al.*, 2016; MALAKER *et al.* 2016).

Uma característica esperada em plantas de trigo com espigas infectadas pela brusone é que as mesmas, em geral, possuam menor peso, devido à má formação de grãos ocasionadas pelo patógeno. Há relatos de que a infecção por brusone afete todas as partes aéreas da planta, incluindo folhas, podendo ser fonte de produção de micélios e esporos, acarretando novas disseminações, embora, seja mais destrutiva em espigas, levando a má formação ou ausência de grãos, o qual conseqüentemente afeta a massa de espiga (MARTÍNEZ *et al.*, 2019; TEMBO *et al.*, 2020; URASHIMA *et al.*, 2009; RAHMAN *et al.*, 2017). Neste trabalho foram empregados diferentes métodos de inoculações para avaliações de reação à brusone no campo e em casa de vegetação, sendo possível evidenciar comportamentos distintos entre os genótipos e estádios de inoculação. A severidade de brusone, foi mais expressiva em condições controladas (casa de vegetação), quando comparadas ao campo, demonstrando a importância dos fatores climáticos para sua ocorrência. Os componentes de rendimento também sofreram influência, variando de acordo com os estádios de inoculação, sendo a inoculação sob aspersão no momento de florescimento da cultura a mais prejudicial.

**CAPÍTULO 1 – Avaliação de caracteres agronômicos de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidos à inoculação de brusone no campo**

## 1.1 Introdução

A brusone é considerada uma doença de infecção floral e as epidemias são altamente influenciadas pelos fatores climáticos. Sua ocorrência está associada a deposição de orvalho ou gotas de chuva para a germinação dos conídios e o início da infecção (LAZZAROTTO *et al.*, 2009). De maneira geral são necessários períodos prolongados de alta temperatura e umidade principalmente durante a antese do trigo. As temperaturas entre 25 a 28°C e molhamento das espigas com umidade relativa do ar acima de 90% são condições que estimulam o desenvolvimento da doença (KIMATI *et al.*, 1997). Esta moléstia pode ser observada em toda parte aérea da planta. Entretanto, é mais comum sua ocorrência no espigamento, a qual apresenta como fase mais crítica à floração. Na espiga, ocorre o branqueamento parcial a partir do ponto de penetração do patógeno na ráquis, onde as espigas severamente infectadas podem apresentar escurecimento na parte basal e do pedúnculo sendo facilmente identificada no campo (LAU *et al.*, 2011).

A sintomatologia da brusone é bastante característica, apresentando lesões elípticas de centro acinzentado em folhas e descoloração prematura da espiga acima do ponto de infecção do patógeno (CRUZ *et al.*, 2017). Tais sintomas sugerem a possibilidade do envolvimento de fitotoxinas no processo de desenvolvimento da doença (MELO, 2013). As exoenzimas e fitotoxinas em fungos fitopatogênicos desempenham papel importante na penetração e colonização do hospedeiro, além dos sintomas expressos pela planta decorrentes do parasitismo do patógeno, respectivamente. Sabe-se que, para um fungo infectar uma planta, é necessário que este consiga penetrar e colonizar os tecidos do hospedeiro, retirar os nutrientes necessários para a sua sobrevivência, bem como neutralizar as reações de defesa da planta (PASCHOLATI, 2011).

A qualidade das espigas, os grãos e a produtividade são inteiramente afetados com a presença de *P. oryzae* (CERESINI, *et al.*, 2018). Esses danos já foram observados na década de 90 quando diferentes cultivares eram empregadas pelos produtores. Recentemente, a doença tem tido mais importância devido aos prejuízos proporcionados nos anos em que as condições

para sua ocorrência são favoráveis, e, acima de tudo, devido à restrita resistência ao patógeno que as cultivares atuais apresentam (STORANI *et al.*, 2013). Isso torna evidente a necessidade de grandes esforços na busca dessa resistência nos programas de melhoramento genético. Nesse sentido, a disponibilidade de métodos que possibilitem a realização de avaliações de reação à doença de genótipos em condições de campo se mostra de primordial importância.

Com base no exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento e a resistência à brusone em trigo em campo, como parte de um estudo de protocolos.

## 1.2 Material e métodos

### 1.2.1 Constituições genéticas

Foram empregadas neste estudo quatro linhagens de trigo desenvolvidas pelo Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF) e quatro cultivares comerciais (Tabela 1.1). As cultivares comerciais são provenientes das empresas OR Sementes e Biotrigo Genética, as quais são empresas de melhoramento de trigo no Brasil. Estes genótipos foram escolhidos de acordo com as informações sobre reação a brusone disponíveis nas Informações Técnicas para Trigo e Triticale – Safra 2018 (RCBPTT, 2018).

Tabela 1.1 - Genótipos utilizados no experimento, bem como a descrição genealógica, respectivas empresas obtentoras e informação da reação à brusone.

Genótipos	Descrição	Obtentora	Reação
G1	CGF-5 (Ônix/Fundacep Raízes)	CGF	SI*
G2	CGF-9 (Abalone/Fundacep Nova Era)	CGF	SI
G3	CGF-B8 (BRS 194/BRS 220)	CGF	SI
G4	CGF-B9 (BRS 220/Frontana)	CGF	SI
G5	OR Marfim (ORL 94101/2*ORL 95688)	OR Sementes	S
G6	TBIO Audaz (TBIO Toruk/Celebra)	Biotrigo Genética	MR

G7	TBIO Noble (Quartzo/ORL Biotrigo Genética S 97601//Marfim)
G8	TBIO Toruk (Mirante/IBIO 0901//Quartzo) Biotrigo Genética MR

\*SI- sem informação de reação a doença; S- suscetível; MR- moderadamente resistente.

### 1.2.2 Arranjo experimental e condução das plantas

O experimento foi conduzido a campo em dois locais durante a safra de 2019, sendo o primeiro local no município de São José do Ouro – RS (SJO), o qual localiza-se na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, com altitude de aproximadamente 850 m e com solo do tipo latossolo vermelho e clima caracterizado por Köppen como *Cfb* subtropical (ALVARES *et al.*, 2013). O segundo local situa-se no município de Capão do Leão – RS (CAP), com altitude de aproximadamente 13 m e com o predomínio de solo tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico e o clima caracterizado por Köppen como *Cfa* subtropical (ALVARES *et al.*, 2013). O experimento foi implantado no sistema de plantio direto consolidado, tendo como cultura anterior soja. Anteriormente a semeadura, a área foi dessecada com aplicação sequencial de Paraquat e Glifosato, conforme recomendações de aplicação.

A área experimental foi composta por 96 parcelas, sendo cada uma constituída por 0,51 m de largura e 2 m de comprimento, totalizando 1,02 m<sup>2</sup> por unidade experimental. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com quatro repetições, organizados em esquema fatorial 2x8x3. Sendo o primeiro fator, dois locais de semeadura, SJO e CAP; o segundo fator oito genótipos de trigo e o terceiro fator a inoculação do patógeno, onde uma parte foi composta por testemunha de inoculação (Ino 0), outra, recebeu inoculação do patógeno no início do florescimento (Ino 1) e o restante com 50% florescimento (Ino 2).

A semeadura e a adubação de base foram realizadas nas datas: 19/06/2019 em SJO e dia 27/06/2019 em CAP, utilizando sementes dos genótipos comerciais categoria S2 com germinação de 92%, e as linhagens em F<sub>8</sub>. O espaçamento entre linhas foi de 17 cm e a densidade populacional próxima de 350 sementes m<sup>-2</sup>. A adubação de base e cobertura foi realizada de acordo

com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), baseada de acordo com análise de solo da área.

Os tratos culturais dos experimentos foram feitos com pulverizador costal, sendo iguais para todas as parcelas até o início da floração. As aplicações antifúngicas foram compostas por três aplicações, Azoxystrobin + Cyproconazole, Trifloxystrobin + Protioconazol, Tebuconazole + Trifloxystrobin, respectivamente, com intervalo de quatorze dias, sendo em SJO aplicados nos dias 12/07/2019, 26/07/2019 e 09/08/2019, e CAP, 18/07/2019, 01/08/2019 e 15/08/2019. As aplicações da inoculação do patógeno foram feitas com pulverizador costal de CO<sub>2</sub>. Dos quatro isolados de *P. oryzae* disponíveis para inoculação, todos foram testados previamente para determinar qual possuía melhor desempenho, sendo utilizado o patótipo *Triticum*, proveniente de Viçosa-MG.

O meio de cultura utilizado para esporulação do fungo, foi farinha de aveia integral, sendo utilizado para preparo 50g de farinha de aveia integral e 15g do reagente Agar-Agar granulado (puro, purificado e livre de inibidores microbiológicos com PH inferior a 6,0) e completado o volume com água destilada para 1,0 L (NETO *et al.*, 2010). Após o preparo, o meio de cultura foi submetido ao processo de esterilização por autoclavagem durante 20 minutos a 121°C. Em seguida, foram vertidos para placas de petri em câmara de fluxo laminar sob condições assépticas.

Com auxílio de um estilete, o isolado de *P. oryzae* foi replicado em cada placa que continha o meio de cultura. Após a transferência, as placas foram vedadas com fita PVC, identificadas e colocadas em câmara incubadora tipo B.O.D., com temperatura ajustada para 25°C, para crescimento das colônias na luz contínua (CRUZ *et al.*, 2009). A avaliação do número de conídios foi realizada aos 14 dias após a repicagem. Para contagem da esporulação, cada placa foi lavada com 20 mL de água destilada estéril e foi realizada raspagem com o auxílio de um pincel de cerdas macias para desprendimento dos conídios dos micélios. Após a lavagem, a solução foi filtrada em gaze, foi adicionado uma gota de surfactante (Tween 20) para garantir a dispersão uniforme dos esporos (Thakur *et al.*, 2009) e os conídios foram quantificados em câmara de Neubauer (NETO *et al.*, 2010).

A concentração de inóculo utilizada para aplicação foi estipulada de acordo com trabalhos de Neto *et al.* (2010); Araujo; Prabhu (2002) e Arendt (2006) os quais relatam que a severidade do patógeno aumenta gradativamente conforme o aumento da concentração do inóculo. Utilizou-se nas parcelas inoculadas no início do florescimento, em ambos locais, 2 litros de água destilada, com a concentração de 110 mil esporos mL<sup>-1</sup> e para as parcelas inoculadas em pleno florescimento 126 mil esporos mL<sup>-1</sup>. A primeira aplicação em SJO, foi realizada no dia 20/09/2019 e a segunda aplicação dia 30/09/2019. Em CAP a primeira aplicação foi feita dia 26/09/2019 e a segunda aplicação dia 07/10/2019. Para o tratamento controle, foi realizado a aplicação de 2 litros de água destilada.

As condições climáticas para os dois locais de cultivos estão apresentadas nas Figuras 1.1 e 1.2. São indicados também os momentos em que foram feitas as inoculações em cada um dos locais.

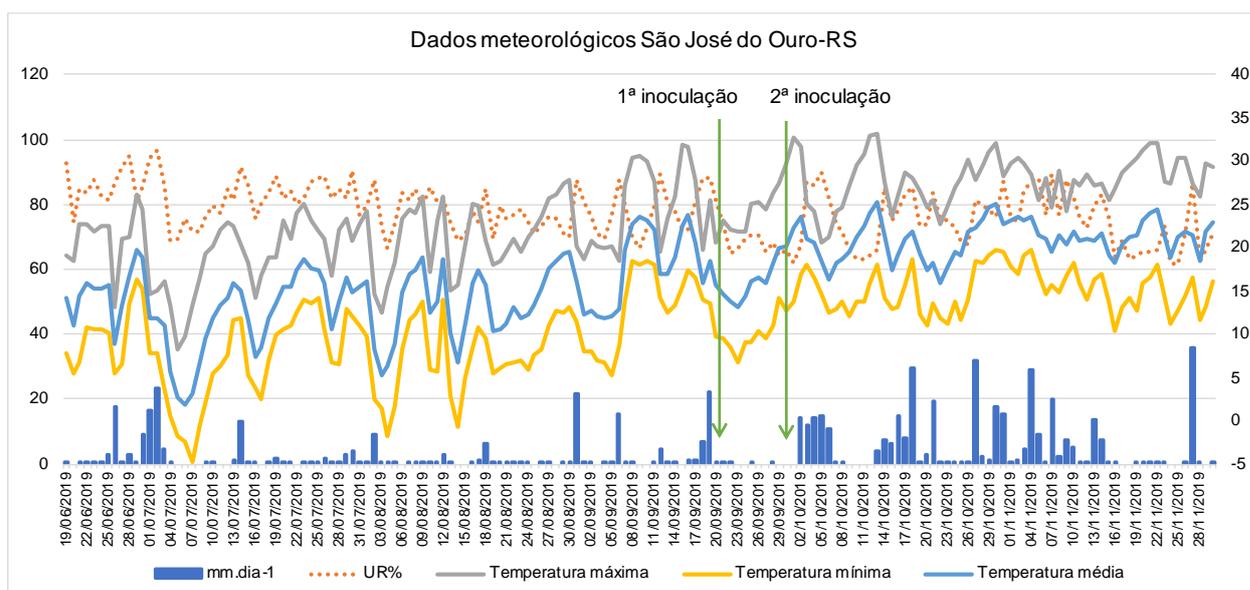


Figura 1.1 - Condições climáticas observadas no município de São José do Ouro-RS durante ciclo da cultura do trigo na safra de 2019.

Fonte: Nasa Power.

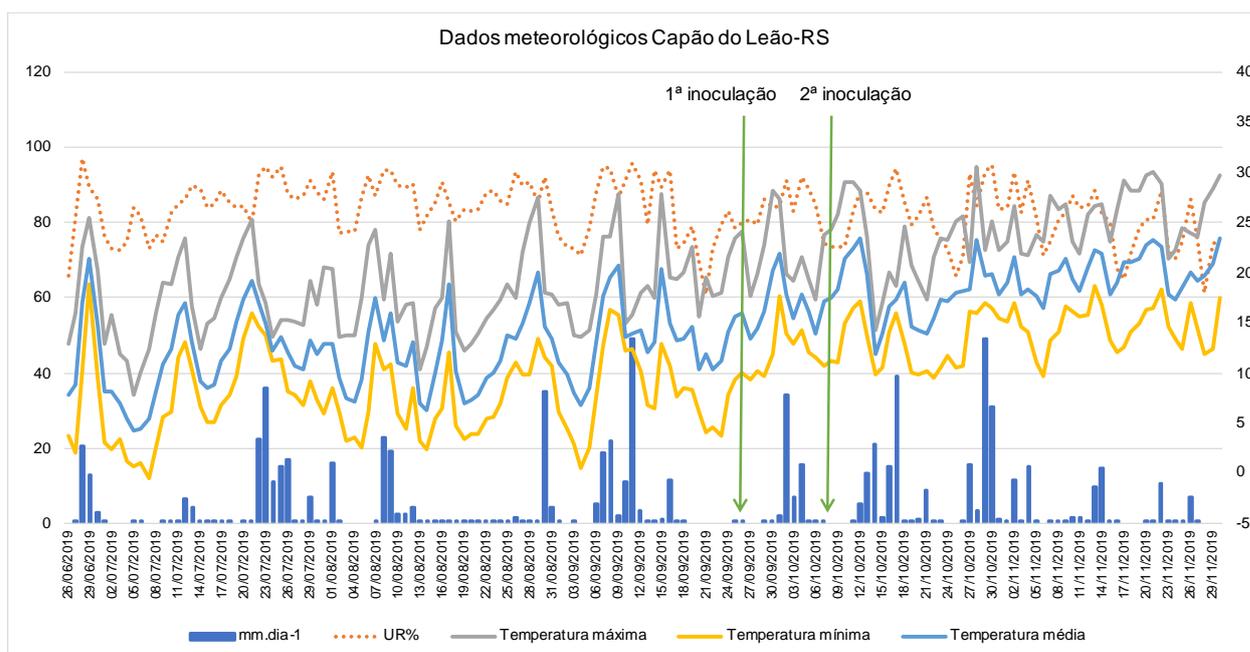


Figura 1.2 - Condições climáticas observadas no município de Capão do Leão-RS durante ciclo da cultura do trigo na safra de 2019.

Fonte: Nasa Power.

### 1.2.3 Avaliações fenotípicas

A escala fenotípica de severidade da doença utilizada, foi de acordo com Maciel *et al.* (2010) (Figura 1.3). Foram feitas avaliações de incidência e severidade aos 10, 20 e 30 dias após as inoculações. Além da incidência e severidade da doença, foram realizadas as seguintes avaliações fenotípicas no decorrer do ciclo das plantas: estatura de planta (EST) e número de afixos férteis (NAF).

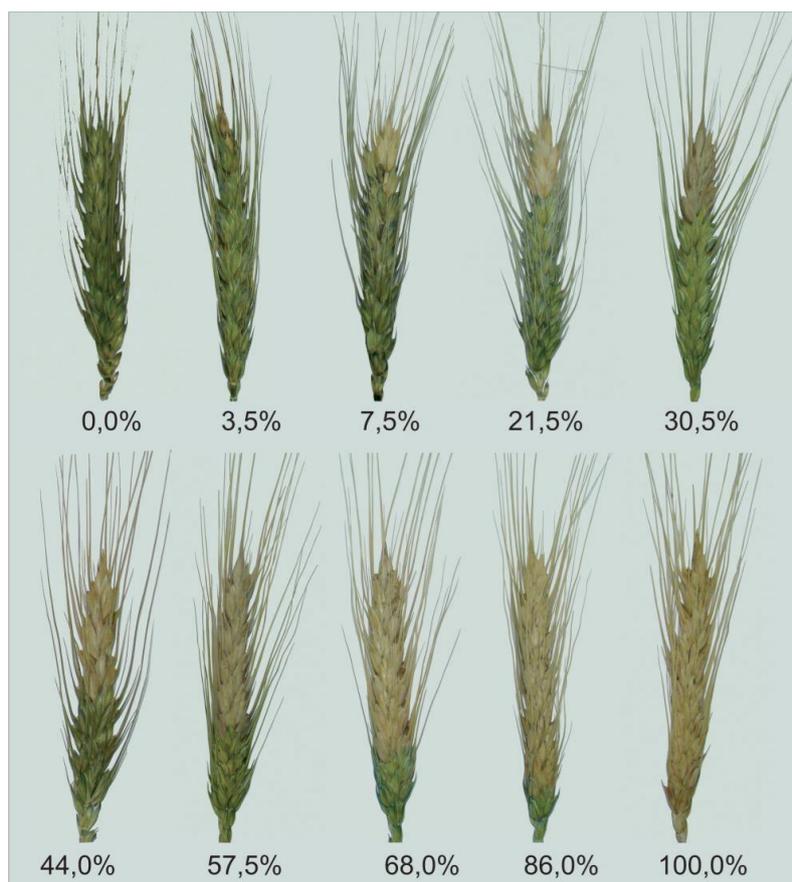


Figura 1.3 - Escala diagramática para quantificação da severidade de brusone em espigas de trigo.

Fonte: MACIEL *et al.*, 2013.

Ao término do ciclo reprodutivo, foram colhidas aleatoriamente cinco plantas de cada parcela, nas quais foram avaliadas, comprimento de espiga (CE, em cm): utilizando uma regra graduada; massa de espiga (ME, em g): obtida através da pesagem da espiga; número de espiguetas por espiga (NEE, em unidades), número de grãos (NG, em unidades): após trilhar manualmente a espiga, foi feita a contagem de grãos; massa de grãos por espiga (MGE, em g): obtido da pesagem apenas dos grãos da espiga; rendimento de grãos (RG, em  $\text{kg ha}^{-1}$ ): obtido através da pesagem dos grãos colhidos em cada unidade experimental; massa de mil grãos (MMG, em g): obtida através contagem de mil grãos e posterior pesagem e cálculo; peso do hectolitro (PH, em  $\text{kg hL}^{-1}$ ): determinado a partir do uso da balança marca Dalle Molle.

#### **1.2.4 Análise estatística**

Primeiramente foram verificados os pressupostos da análise de variância, através dos testes de normalidade dos resíduos por Shapiro-Wilk ( $p \geq 0,05$ ) e homogeneidade das variâncias por Bartlett ( $p \geq 0,05$ ). Posteriormente, foi realizada a análise de variância buscando observar a existência de diferença significativa entre os tratamentos. Na sequência foi realizado o teste de agrupamento de médias de acordo com Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Foi utilizado o software R, através da interface RStudio (RACINE, 2012).

#### **1.3 Resultados e discussão**

Inicialmente, deve ser ressaltado que a avaliação de severidade de brusone resultou em valores nulos, isto é, nenhum sintoma visual da doença nas espigas do trigo foi verificado em qualquer local, genótipo ou em função de época de inoculação. Assim, uma discussão é feita sobre as possíveis causas desse resultado, entretanto, este capítulo é dedicado majoritariamente aos caracteres agrônômicos avaliados, os quais responderam aos fatores estudados.

Houve interação entre todos os três fatores estudados somente para a variável número de afilhos férteis (Tabela 1.2). Entre locais e genótipos, houve interação para as variáveis estatura de planta, comprimento de espiga, massa de espiga, número de espiguetas por espiga, massa de grãos por espiga, rendimento de grãos, peso de mil grãos e peso do hectolitro. Para os fatores locais e inoculações, houve interação para estatura de planta e rendimento de grãos. Para genótipos e inoculações, houve interação para as variáveis de comprimento de espiga, massa de espiga, número de espiguetas por espiga, número de grãos, massa de grãos por espiga e rendimento de grãos.

Tabela 1.2 - Resumo da análise de variância das avaliações dos caracteres agrônômicos de oito genótipos de trigo em função de dois locais de semeadura e três inoculações em diferentes estádios de florescimento.

F.V	G.L	Quadrado médio									
		EST	NAF	CE	ME	NEE	NG	MGE	RG	MMG	PH
B	3	188,57*	0,001 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	4,01 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	0,322 <sup>ns</sup>	7,48 <sup>ns</sup>	4,66 <sup>ns</sup>
L	1	3316,68*	0,690*	48,33*	0,008 <sup>ns</sup>	21,18*	136,56*	0,13*	36,64*	667,52*	62,27*
G	7	2775,24*	0,019*	4,62*	0,41*	8,95*	130,29*	0,25*	6,28*	102,28*	46,27*
I	2	37,32 <sup>ns</sup>	0,003*	0,04 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	1,37 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,44*	3,39 <sup>ns</sup>	3,55 <sup>ns</sup>
L*G	15	65,74*	0,008*	0,40*	0,07*	1,50*	18,08 <sup>ns</sup>	0,056*	0,91*	16,96*	10,15*
L*I	5	77,39*	0,039*	0,22 <sup>ns</sup>	0,049 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	18,87 <sup>ns</sup>	0,032 <sup>ns</sup>	4,23*	6,02 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>
G*I	23	22,29 <sup>ns</sup>	0,008*	0,40*	0,046*	0,87*	20,77*	0,026*	0,36*	2,47 <sup>ns</sup>	2,42 <sup>ns</sup>
L*G*I	47	19,46 <sup>ns</sup>	0,005*	0,20 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	10,93 <sup>ns</sup>	0,017 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	4,72 <sup>ns</sup>	2,70 <sup>ns</sup>
Resíduo	141	17,40	0,00055	0,17	0,021	0,476	10,20	0,012	0,124	5,15	2,40
Média geral	-	91,00	2,06	6,32	1,20	11,86	28,49	0,92	5428,00	32,00	72,61
C.V (%)	-	4,56	4,17	6,6	12,38	5,82	11,22	12,04	2,62	7,05	2,14

F.V. - Fonte de variação; B - Bloco; L - Local; G - Genótipo; I - Inoculação; C.V. - Coeficiente de variação; G.L. - Graus de liberdade; EST - Estatura de planta (cm); NAF - Número afilhos férteis (un); CE - Comprimento de espiga (cm); ME - Massa de espiga (g); NEE - Número de espiguetas por espiga (un); NG - Número de grãos espiga; MGE - Massa de grãos por espiga (g); RG - Rendimento de grãos(kg ha<sup>-1</sup>);MMG - Massa mil grãos (g); PH - Peso hectolitro (kg hL<sup>-1</sup>). <sup>ns</sup>Não significativo; \*Significativo (p≤0,05).

Tendo em vista que nenhum sintoma visual de brusone pôde ser verificado, é necessário discutir esse resultado. A principal característica da brusone no trigo é a infecção da espiga no estágio de floração da cultura, gerando espigas parcialmente ou totalmente esbranquiçadas com pontos de infecção de cor cinza escuro a preto na ráquis (CRUZ *et al.*, 2017). Neste trabalho, houve variação no percentual de floração entre os oito genótipos de trigo nos diferentes momentos de inoculações (Tabela 1.3). Isto é, os genótipos apresentam comprimentos de ciclo distintos. De fato, essas quatro linhagens do CGF incluídas no presente estudo, ainda não haviam sido, até o momento, muito estudadas para que se pudesse prever o seu período de floração, acima de tudo na região de São José do Ouro. A dificuldade em corrigir a diferença no ciclo nos genótipos é de ordem operacional. Uma das opções seria a semeadura em períodos diferentes, e a outra, a inoculação em períodos distintos. Porém, inocular cada genótipo em uma data diferente significa oferecer distintas

condições ambientais para o patógeno para cada inoculação, o que também gera distorção.

Em São José do Ouro a Ino 0 apresentou média geral de 18,87% floração. Já para Ino 1 os genótipos apresentaram média de 20,06% de floração e em Ino 2, 88,59%. No dia da inoculação Ino 1 houve precipitação de 0,56 mm, o que não se caracterizou por um volume expressivo, entretanto a umidade relativa do ar era de 81%. Já a temperatura máxima, mínima e média foram de 20,5°C, 9,84°C e 15,79°C, respectivamente. Para a Ino 2 não houve precipitação, a umidade relativa foi de 66,18% e a temperatura máxima, mínima e média foram de 29,7°C, 12,63°C e 20,15°C, respectivamente (Figura 1.1).

Em CAP, Ino 0 apresentou, 29,68%, Ino 1, 25,31% e Ino 2, 95,31% de floração (Tabela 1.3). Sendo que, no dia da Ino 1 houve volume pouco expressivo de precipitação 0,09 mm e umidade relativa de 79,91%. A temperatura máxima, mínima e média de 24,06°C, 10,03°C e 15,98°C, respectivamente. Para a Ino 2 as condições climáticas se mantiveram semelhantes a Ino 1, com precipitação pouco expressiva 0,05 mm e umidade relativa 74,36%. Entretanto a temperatura máxima, mínima e média de 23,84°C, 10,63°C e 17,23°C, respectivamente (Figura 1.2).

Dessa forma, as temperaturas médias nos dois locais para os diferentes níveis de inoculação foram baixas, o que não favoreceu a severidade da brusone no campo. De acordo com Manandhar *et al.* (1998) condições de temperatura entre 15 a 20°C de fato dificultam o desenvolvimento da doença. Sendo a temperatura média ideal para desenvolvimento de 25 a 28°C, além do molhamento das folhas, espigas e umidade relativas altas, entre 93-95% (KATSANTONIS *et al.*, 2017). Neste trabalho não foi possível observar diferença visual a campo das parcelas que receberam inoculação do patógeno, conforme descrito (MACIEL *et al.*, 2013). Tem sido demonstrado que em trigo inoculado foi possível observar espigas completamente esbranquiçadas, sendo que as espigas infectadas no estágio de floração não produziram grãos, ou grãos que estavam murchos, distorcidos e tinham peso de hectolitro muito baixo (ROY *et al.*, 2020). Nesse estudo, apesar de não se observar sintoma visual de brusone, sugere-se que as inoculações tenham causado algum nível de infecção, ao

passo que houve efeito significativo desse fator sobre alguns caracteres agrônômicos, conforme será tratado a seguir.

Tabela 1.3 - Percentual de floração de oito genótipos de trigo em dois locais, em três distintas inoculações no florescimento.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>				CAP				
	Ino 0 <sup>3</sup>	Ino 1	Ino 2	Ino 0	Ino 1	Ino 2	Ino 0	Ino 1	Ino 2
G1	21,2 ab*	21,2 ab	98,7 a	38,7 a	43,7 A	100 a			
G2	4,7 c	4,2 c	86,2 ab	18,7 ab	5 C	87,5 ab			
G3	17,5 b	17,5 bc	50 c	18,7 ab	21,2 B	85 b			
G4	6,2 c	5 c	73,7 b	8,7 b	5 C	92,5 ab			
G5	22,5 ab	23,7 ab	100 a	47,5 a	48,7 A	97,5 ab			
G6	25 ab	32,5 a	100 a	35 ab	20 B	100 a			
G7	31,2 a	32,5 a	100 a	47,5 a	46,2 A	100 a			
G8	22,5 ab	23,7 ab	100 a	22,5 a	12,5 bc	100 a			
Média geral (%)	18,87	20,06	88,59	29,68	25,31	95,31			

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup> SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; <sup>3</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; \*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Para o caráter estatura de planta não se verificou interação tripla, foi observada apenas interação entre os fatores genótipos e locais (Tabela 1.4) e interação entre inoculações e locais (Tabela 1.5). Os genótipos do CGF se sobressaíram às cultivares comerciais, apresentando maior estatura. CGF-B8 apresentou maior estatura de planta em SJO (105,8 cm) e CAP (119,16 cm) e TBIO Toruk a menor :74 cm e 83 cm, respectivamente, com uma diferença discrepante de 31,8 cm e 36,16 cm entre os genótipos nos distintos locais, o que corresponde, a uma variação de aproximadamente 30%. Os cruzamentos provenientes do CGF, demonstram que a origem dos genitores bem como o local em que a seleção é feita contribuem para esta característica, quando comparadas as cultivares comerciais recentes que tendem a ter estatura de planta reduzida. Entretanto, os valores de herdabilidade no sentido amplo para essas características são predominantemente controladas geneticamente (ALQUDAH *et al.*, 2016).

Para a interação entre as inoculações e locais, observa-se que SJO apresentou as menores médias de estatura, quando comparados a CAP, no entanto não se pode observar diferenças significativa para estatura entre os três

níveis de inoculações em SJO. Mas em CAP, para a inoculação em pleno florescimento (Ino 2) houve a maior média de estatura, quando comparadas as demais. A estatura de planta possui uma estreita associação com *Fusarium*, uma doença característica também da espiga de trigo, onde, as plantas mais altas tendem a ser mais ventiladas, mantendo menor umidade nas espigas, a qual por consequência diminui a severidade da doença, quando comparadas a plantas de porte menor (YAN *et al.*, 2011). Alguns relatos demonstraram que plantas altas tendem a ter um baixo nível de brusone (HE *et al.*, 2020).

No entanto, apenas um QTL localizado no braço curto do cromossomo 4 (4BS) estava relacionado à resistência a brusone e parcialmente sobreposto com um QTL associado a altura de planta em *Rht-B1*, o qual pode ter contribuído para a correlação (HE *et al.*, 2016; XU *et al.*, 2020). Resultados que divergem de *Fusarium*, indicando que a altura de planta e brusone possuem menor associação.

Tabela 1.4 - Estatura de planta de oito genótipos de trigo, em dos locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	90,91 Ba*	93,66 Ca
G2	92,58 Bb	100,83 Ba
G3	105,08 Ab	119,16 Aa
G4	90,83 Bb	101,75 Ba
G5	80,00 Db	87,25 Da
G6	77,50 Db	85,41 Da
G7	87,08 Cb	93,41 Ca
G8	74,00 Eb	83,00 Da

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.5 - Estatura de planta em três distintas inoculações no florescimento, em dois locais, na safra de 2019.

Inoculações <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
Ino 0	88,56 Ab*	94,46 Ba
Ino 1	86,18 Ab	95,00 Ba
Ino 2	87,00 Ab	97,21 Aa

<sup>1</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas

colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

A variável número de afilhos, foi a única que apresentou interação tripla, entre locais, genótipos e inoculações (Tabela 1.6). O local CAP foi significativamente superior a SJO, apresentando as maiores médias de número de afilhos nos níveis de inoculação. Em SJO, as parcelas testemunhas, ou seja, que não receberam inoculação Ino 0 apresentaram a maior média de afilhos férteis, quando comparadas as parcelas inoculadas no Ino 1 e em Ino 2.

Os genótipos CGF-5, CGF-B9, TBIO Audaz, TBIO Noble e TBIO Toruk, apresentaram maior número de afilhos, sendo que, CGF-9 e OR Marfim foram inferiores. No entanto, em CAP, apenas TBIO Audaz e TBIO Toruk foram superiores para Ino 0. Já na Ino 1 em SJO, CGF-9 apresentou maior média e CGF-5 a menor média, no entanto em CAP não houve diferenças estatísticas para os genótipos. Na Ino 2 em SJO, apenas o genótipo CGF-B9 foi superior, sendo que em CAP apenas TBIO Audaz apresentou-se superior. Os genótipos CGF-5 e CGF-B9 não apresentaram significância para número de afilhos entre os dois locais para Ino 0, no entanto, foi significativo para Ino 1 e Ino 2 em CAP.

Observa-se pelo quadrado médio (Tabela 1.3) que o local contribuiu de forma mais expressiva para a variável analisada do que a própria inoculação. Vale salientar que, o número de afilhos férteis é uma característica complexa controlada por múltiplos genes, que estão envolvidos na formação de grãos e consequentemente no rendimento do trigo (WU, 1990; ZHUANG, 1999). De acordo com Sylvester *et al.* (2008) o término do desenvolvimento dos afilhos do trigo ocorre entre o início do alongamento do caule e a antese, o que remete ao fato de que seja pouco provável haver relação entre a inoculação do patógeno em pleno florescimento com este caráter.

Tabela 1.6 - Número de afilhos de oito genótipos de trigo, em dois locais, em três distintas inoculações no florescimento.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>			CAP		
	Ino0 <sup>3</sup>	Ino1	Ino2	Ino 0	Ino1	Ino2
G1	2,00 Aa*	1,63 Cb	1,58 Db	2,01 Bb <sup>ns</sup>	2,44 Aa <sup>†</sup>	2,50 Ba <sup>†</sup>
G2	1,59 Cc	2,00 Aa	1,79 Bb	2,12 Bb <sup>†</sup>	2,37 Aa <sup>†</sup>	2,39 Ba <sup>†</sup>
G3	1,72 Ba	1,71 Ba	1,65 Ca	1,93 Bb <sup>†</sup>	2,30 Aa <sup>†</sup>	2,43 Ba <sup>†</sup>
G4	1,99 Aa	1,81 Bb	1,97 Aa	1,97 Bb <sup>ns</sup>	2,40 Aa <sup>†</sup>	2,43 Ba <sup>†</sup>
G5	1,60 Cb	1,76 Ba	1,55 Db	2,06 Bb <sup>†</sup>	2,26 Aa <sup>†</sup>	2,32 Ba <sup>†</sup>
G6	2,00 Aa	1,75 Bb	1,84 Bb	2,63 Ab <sup>†</sup>	2,34 Ac <sup>†</sup>	3,30 Aa <sup>†</sup>
G7	1,88 Aa	1,79 Ba	1,66 Cb	1,71 Cc <sup>†</sup>	2,38 Aa <sup>†</sup>	1,95 Cb <sup>†</sup>
G8	2,01 Aa	1,76 Bb	1,77 Bb	2,86 Aa <sup>†</sup>	2,35 Ab <sup>†</sup>	2,52 Bb <sup>†</sup>

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; <sup>3</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; <sup>†</sup>Significativo para local; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No caráter comprimento de espiga houve interação entre locais e genótipos (Tabela 1.7) e genótipos e inoculações (Tabela 1.8). Observa-se pelo quadro médio (Tabela 3) que o local contribuiu de forma mais expressiva para a variável analisada do que a própria inoculação. CAP apresentou as maiores médias quando comparadas a SJO. No entanto em SJO, apenas o genótipo CGF-B8 foi superior, enquanto que no local CAP, os genótipos CGF-B8 e CGF-B9, foram superiores aos demais. Entre genótipos e inoculações, CGB-B8, CGF-B9, TBIO Noble e TBIO Toruk, apresentaram as maiores médias na Ino 0, CGB-B8, CGF-B9 na Ino 1, e CGF-B8 na Ino 2, quando comparados aos demais. O genótipo CGF-B8 obteve a menor média na Ino 0, já OR Marfim apresentou a melhor média na Ino 0 e redução a medida das inoculações, podendo esta, estar atribuída a inoculação, apesar da variável ser predominantemente quantitativa.

A maioria das características morfológicas da espiga do trigo, como comprimento de espiga e o número de espiguetas se comportam como características quantitativas sob controle de QTLs e sujeitas à influência ambiental (CUI *et al.*, 2012; MA *et al.*, 2007). O comprimento da espiga está positivamente correlacionado com o rendimento de grãos (KUMAR *et al.*, 2007) e com outros importantes componentes de rendimento (WU *et al.*, 2012).

Tabela 1.7 - Comprimento de espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	5,52 Cb*	6,35 Da
G2	5,24 Db	6,37 Da
G3	6,64 Ab	7,28 Aa
G4	6,21 Bb	7,46 Aa
G5	5,25 Db	6,41 Da
G6	6,06 Bb	6,73 Ca
G7	5,73 Cb	7,04 Ba
G8	5,92 Bb	6,96 Ba

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.8 - Comprimento de espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	Inoculações		
	Ino0 <sup>2</sup>	Ino1	Ino2
G1	5,99 Ba*	5,88 Da	5,94 Ca
G2	5,88 Ba	5,83 Da	5,70 Ca
G3	6,48 Ab	7,18 Aa	7,22 Aa
G4	6,92 Aa	6,83 Aa	6,76 Ba
G5	6,21 Ba	5,65 Db	5,64 Cb
G6	6,27 Ba	6,40 Ba	6,51 Ba
G7	6,62 Aa	6,26 Ca	6,28 Ba
G8	6,43 Aa	6,51 Ba	6,37 Ba

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para a massa de espiga houve interação entre locais e genótipos (Tabela 1.9), onde em SJO o genótipo CGF-B8 apresentou a maior média. Entretanto, ao comparar os locais, observa-se diferença significativa, com redução da massa de espiga dentro de CAP. Na interação entre genótipos e inoculações (Tabela 1.10), observa-se que o genótipo CGF-B8 na Ino 1 e Ino 2 foi superior que na Ino 0, já para OR Marfim a Ino 0 apresentou superioridade. Em geral, os genótipos possuíram maior massa de espiga na Ino 0, reduzindo a medida das inoculações.

Uma característica esperada em espigas infectadas pela brusone é que as mesmas, em geral, mantenham o comprimento, mas possuam menor peso, devido à má formação de grãos ocasionadas pelo patógeno. A infecção por

brusone afeta toda a parte aérea da planta, incluindo folhas, mas é mais destrutiva em espigas, pois pode causar branqueamento parcial ou total da mesma, levando a má formação ou ausência de grãos, o qual consequentemente afeta a massa de espiga (TEMBO *et al.*, 2020; URASHIMA *et al.*, 2009; RAHMAN *et al.*, 2017). Entretanto, observa-se pelo quadrado médio (Tabela 1.3) que os genótipos contribuíram de forma mais expressiva para a variável analisada do que os locais e a inoculação.

Tabela 1.9 - Massa de espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	1,13 Ba*	1,06 Ba
G2	1,00 Ca	1,07 Ba
G3	1,56 Aa	1,32 Ab
G4	1,19 Ba	1,18 Ba
G5	1,05 Ca	1,11 Ba
G6	1,20 Ba	1,15 Ba
G7	1,26 Ba	1,36 Aa
G8	1,20 Ba	1,23 Aa

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7- TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.10 - Massa de espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019.

Genótipos <sup>2</sup>	Inoculações		
	Ino0 <sup>1</sup>	Ino1	Ino2
G1	1,16 Ba*	1,02 Ca	1,12 Ca
G2	1,06 Ba	1,04 Ca	1,01 Ca
G3	1,32 Ab	1,49 Aa	1,53 Aa
G4	1,20 Ba	1,21 Ba	1,15 Ba
G5	1,23 Ba	1,00 Cb	1,03 Cb
G6	1,12 Ba	1,20 Ba	1,22 Ba
G7	1,37 Aa	1,28 Ba	1,29 Ba
G8	1,22 Ba	1,27 Ba	1,18 Ba

<sup>1</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7- TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para a variável número de espiguetas por espiga, houve interação entre genótipos e locais, onde CAP apresentou-se superior a SJO. Entre os genótipos em SJO, CGF-5, CGF-B8, CGF-B9 e TBIO Audaz possuíram as maiores médias,

no entanto, em CAP, apenas CGF-B9, mostrou-se superior (Tabela 1.11). Já, entre genótipos e inoculações, observa-se, superioridade na Ino 0, com uma redução do número de espiguetas por espiga na Ino 1 e um aumento na Ino 2, remetendo ao fato de que a inoculação no início do florescimento pode afetar em maiores proporções este caráter. Isto pode ser devido à má formação das espiguetas, principalmente daquelas que se encontram no ápice ou na base da espiga. No entanto, apenas o genótipo OR Marfim, apresentou redução significativa da média de número de espiguetas por espiga, a medida das inoculações (Tabela 1.12). De acordo com o quadrado médio (Tabela 1.3), o local contribuiu de forma mais expressiva para a variável analisada do que a própria inoculação.

Já na cultura do arroz, estudos mostram que alguns acessos são fortemente influenciados por fatores ambientais, estando as ramificações da panícula secundária positivamente correlacionada com a resistência a brusone (YELOME *et al.*, 2018). Os mesmos autores, relatam ainda que acessos de arroz resistentes a brusone tendem a produzir um número relativamente maior de ramificações secundárias, quando comparados aos suscetíveis. No caso do trigo, o desenvolvimento da espiga pode ser influenciado pelas condições do ambiente. Uma espiga é constituída por espiguetas, as quais possuem uma distribuição distinta de grãos ao longo da mesma, sendo que, a formação e enchimento de grãos inicia-se na base, para o centro e posteriormente o ápice da espiga (FERRANTE *et al.*, 2013; GUO; SCHNURBUSCH, 2015). Entretanto a fertilidade de espiguetas, ou seja, número de espiguetas totais sob o número de espiguetas férteis, que possuem grãos, é variável.

Os resultados obtidos no genótipo OR Marfim, evidenciam a correlação positiva existente entre o comprimento da espiga e o número de espiguetas mencionados por Zhou *et al.*, (2017). Onde o incremento do número de grãos formados em uma espiga pode ser alcançado por um maior número de grãos por espiguetas, no entanto este aumento deve ser acompanhado concomitante com o comprimento da espiga, caso contrário, resultará em maior compactação da espiga, o que pode ter efeitos adversos na suscetibilidade à doenças, como por exemplo, na infecção de *Fusarium* na espiga.

Tabela 1.11 - Número espiguetas por espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	11,95 Aa*	12,26 Ba
G2	10,14 Cb	11,54 Ca
G3	12,17 Aa	12,57 Ba
G4	12,53 Ab	13,14 Aa
G5	10,88 Bb	11,89 Ca
G6	11,82 Aa	11,71 Ca
G7	11,34 Bb	12,53 Ba
G8	11,35 Ba	11,88 Ca

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.12 - Número espiguetas por espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	Inoculações		
	Ino0 <sup>2</sup>	Ino1	Ino2
G1	12,24 Aa*	11,83 Ca	12,25 Aa
G2	10,88 Ba	10,96 Da	10,68 Ca
G3	12,09 Aa	12,29 Ba	12,73 Aa
G4	12,76 Aa	13,08 Aa	12,66 Aa
G5	12,01 Aa	10,94 Db	11,22 Bb
G6	11,36 Ba	11,88 Ca	12,05 Aa
G7	12,27 Aa	11,77 Ca	11,76 Ba
G8	11,61 Ba	11,78 Ca	11,46 Ba

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No número de grãos por espiga, houve interação entre genótipos e inoculações, em que OR Marfim, apresentou redução nas duas inoculações no florescimento, Ino 1 e Ino 2. Fato este que pode estar relacionado com a porcentagem de plantas que se encontravam em pleno florescimento na época da inoculação, sendo 36,25% para Ino 1 e 98,75% na Ino 2. Os ataques ocorrentes pelo patógeno no florescimento da cultura podem limitar o número de grãos e conseqüentemente a produção de trigo em até 100%, dependendo da intensidade (ISLAM *et al.*, 2019).

Entretanto para CGF-B8, a Ino 1 e Ino 2, foram superiores quando comparadas a Ino 0, pois a mesma se caracteriza em ser um genótipo de ciclo mais tardio apresentando uma porcentagem menor de plantas em florescimento na época de inoculação, e também ao fato, talvez, de ser um genótipo mais tolerante a moléstia, a qual não tem a capacidade de infectar e causar danos. Ao comparar os genótipos, separadamente dentro dos níveis inoculações, observa-se que TBIO Noble foi superior em todas inoculações, ou seja, não houve efeito do patógeno para nenhuma inoculação, CGF-B8 na Ino 1 e CGF-5, CGF-B8 e TBIO Audaz na Ino 2 (Tabela 1.13). Resultados indicam que a inoculação em trigo não alterou significativamente o número de grãos por espiga produzidos (FERREIRA, 2019). No entanto neste trabalho, observa-se que houve influência das inoculações para o genótipo OR Marfim, pois o mesmo, apresentou redução significativa do caráter à medida que as inoculações foram realizadas.

Para o caráter massa de grãos por espiga, houve interação entre genótipos e locais, onde a média dos genótipos CGF-5 e CGF-B8, foram inferiores em CAP. No entanto, CGF-B8 apresentou a melhor média dos genótipos em SJO, juntamente com TBIO Noble e TBIO Toruk em CAP (Tabela 1.14). Surovy *et al.* (2020) relatam que a infecção de brusone reduz significativamente a largura, comprimento, peso e volume dos grãos de trigo em comparação com grãos saudáveis, não infectados. Na interação entre genótipos e inoculações, CGF-B8 foi inferior para Ino 0 e superior na Ino 1 e Ino 2. Já o genótipo OR Marfim, apresentou comportamento inverso, sendo superior na Ino 0 com inferioridade na inoculação Ino 1 e Ino 2 (Tabela 1.15).

Tabela 1.13 – Número de grãos por espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	Inoculações		
	Ino0 <sup>2</sup>	Ino1	Ino2
G1	29,55 Ba*	28,35 Ba	30,29 Aa
G2	25,56 Ba	26,01 Ca	24,78 Ba
G3	28,83 Bb	32,71 Aa	32,96 Aa
G4	27,40 Ba	28,99 Ba	27,34 Ba

G5	28,54 Ba	23,72 Cb	24,52 Bb
G6	27,83 Ba	29,29 Ba	29,95 Aa
G7	33,10 Aa	31,18 Aa	30,17 Aa
G8	28,00 Ba	28,01 Ba	26,57 Ba

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.14 - Massa de grãos por espiga de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	0,89 Ba*	0,78 Bb
G2	0,78 Ca	0,80 Ba
G3	1,22 Aa	0,97 Ab
G4	0,91 Ba	0,85 Ba
G5	0,82 Ca	0,85 Ba
G6	0,97 Ba	0,88 Ba
G7	0,99 Ba	1,04 Aa
G8	0,96 Ba	0,95 Aa

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.15 - Massa de grãos por espiga de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	Inoculações		
	Ino0 <sup>2</sup>	Ino1	Ino2
G1	0,87 Ba*	0,78 Ca	0,86 Ca
G2	0,80 Ba	0,80 Ca	0,76 Da
G3	1,01 Ab	1,13 Aa	1,16 Aa
G4	0,87 Ba	0,90 Ba	0,85 Ca
G5	0,95 Aa	0,76 Cb	0,79 Db
G6	0,89 Ba	0,92 Ba	0,96 Ba
G7	1,04 Aa	1,01 Ba	1,00 Ba
G8	0,96 Aa	0,98 Ba	0,92 Ca

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

No rendimento de grãos houve interação entre genótipos e locais, onde CAP apresentou as maiores médias quando comparados a SJO. Em SJO os genótipos CGF-9 e TBIO Audaz foram superiores aos demais, e em CAP, TBIO Audaz e TBIO Toruk se sobressaíram. Também, observa-se que apenas CGF-B8 não diferiu significativamente no rendimento entre os locais, mostrando estabilidade (Tabela 1.16). Para a interação entre genótipos e inoculações, os genótipos CGF-5 e CGF-B9 obtiveram menor rendimento de grãos na Ino 1, CGF-B8 na Ino 2 e TBIO Audaz na Ino 0 (Tabela 1.17). Isso demonstra o comportamento diverso do patógeno em relação a época da inoculação e, como esta, atrelada a diferentes genótipos pode influenciar no rendimento. Em alguns distritos de Bangladesh há relatos de que campos de produção de trigo afetados pela brusone tiveram perdas de rendimento de até 51% (ISLAM *et al.*, 2016). Na América do Sul as perdas de rendimento variam em média de 30 a 50%, e em alguns casos maiores que 70% (GOULART *et al.*, 2007, CRUZ; VALENT, 2017). Esses resultados demonstram como a doença pode impactar severamente o rendimento de grãos.

Quando comparadas as inoculações e locais, observa-se que as médias de rendimento de grãos para os três níveis de inoculação em CAP foram superiores a SJO. No entanto, ao analisar as inoculações dentro de CAP, apenas a Ino 1 apresentou menor média (Tabela 1.18), o que remete ao fato de que as espigas quando infectadas precocemente pela brusone apresentam perdas de rendimento (GOULART *et al.*, 2007). Segundo Cruz *et al.* (2019) esta doença possui difícil controle, sendo que as maiores perdas de rendimento ocorrem no desenvolvimento da espiga e durante o enchimento de grão.

O rendimento e a qualidade de grãos de arroz também são afetados pela brusone. À medida que há aumento das taxas de nitrogênio (N) aplicados, devido ao fato deste nutriente afetar a nutrição das plantas, a ocorrência de brusone aumenta. Há também perdas significativas relatadas na produção de grãos de milho (TIMPER *et al.*, 2002) e forragens (WILSON; GATES, 1993).

Tabela 1.16 - Rendimento de grãos de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	4897,00 Bb*	6233 Ba
G2	5522,00 Ab	6432 Ba

G3	4401,00 Ca	4479 Da
G4	3859,00 Db	5382 Ca
G5	4534,00 Cb	5577 Ca
G6	5501,00 Ab	6965 Aa
G7	4892,00 Bb	6117 Ba
G8	5137,00 Bb	6920 Aa

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.17 - Rendimento de grãos de oito genótipos de trigo em três distintas inoculações no florescimento, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	Inoculações		
	Ino0 <sup>2</sup>	Ino1	Ino2
G1	5616 Ba*	5127 Cb	5952 Ba
G2	5997 Aa	5980 Aa	5954 Ba
G3	4652 Ca	4559 Da	4110 Eb
G4	4797 Ca	4279 Db	4785 Da
G5	5290 Ba	4822 Ca	5054 Ca
G6	5783 Ab	6221 Aa	6695 Aa
G7	5759 Aa	5331 Ba	5425 Ca
G8	5921 Aa	5958 Aa	6207 Ba

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.18 - Rendimento de grãos em três distintas inoculações no florescimento, em dois locais, na safra de 2019.

Inoculações <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
Ino 0	4660 Bb*	6294 Aa
Ino 1	5096 Ab	5474 Ba
Ino 2	4773 Bb	6272 Aa

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 0 - testemunha inoculação; Ino 1 - início florescimento; Ino 2 - 50% florescimento; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para a massa de mil grãos, houve interação entre genótipos e locais, apresentando superioridade de todos genótipos de SJO em relação a CAP, sendo CGF-B8 com a melhor média em SJO e TBIO Toruk em CAP (Tabela 1.19). Essa diferença está mais associada ao local de cultivo do trigo, do que propriamente as inoculações, tendo em vista que não houve interação entre as inoculações e os genótipos. No entanto, há relatos de que a doença afeta a massa de mil grãos, e que este fator está atrelado a genótipos de trigo, sendo

mais expressiva dependendo dos patótipos de *P. oryzae*, os quais podem induzir reduções que variam de 18,53% a 74,94 % (MARTÍNEZ *et al.*, 2019).

O teor de proteína nos grãos também é influenciado pela brusone, em que, plantas que possuem espigas infectadas apresentam teores elevados de proteína, com valores médios variando de 35,76 a 50% a mais, quando comparados a grãos sadios. Em geral, quanto maiores os valores de proteína nos grãos, maior a nocividade visual dos grãos, ou seja, espigas de trigo quando infectadas pelo patógeno possuem como consequência a redução do tamanho de grãos, com formatos desuniformes caracterizando por serem enrugados (MARTÍNEZ *et al.*, 2019). Grãos enrugados são indesejáveis para a moagem devido ao fato da sua má qualidade para a produção de farinha, apresentando taxas de extração reduzidas com teores menores de energia metabolizável (GOODING *et al.*, 1997). Alterações nos parâmetros físico-químicos, reológicos e teste de panificação causados pela doença também foram relatados, mas sem referência teor de proteína no grão (MIRANDA *et al.*, 2015).

No entanto, para o caráter de peso do hectolitro, apenas os genótipos CGF-B8, TBIO Audaz e TBIO Toruk, apresentaram-se inferiores em SJO, os demais não diferiram significativamente entre locais (Tabela 1.20). Cabe salientar que o peso do hectolitro representa um parâmetro de sanidade do grão, o qual é influenciado pelo solo, clima, sanidade de plantas, qualidade de sementes e também por doenças (MAPA, 2009). Entretanto, não foi evidenciada interação entre os genótipos e os diferentes níveis de inoculação neste trabalho, remetendo ao fato de que a doença não interferiu neste caráter, apesar dos níveis de PH não serem elevados. Todavia, relatos evidenciaram que o PH de grãos de trigo é influenciado pela contaminação de brusone, havendo redução na massa de grãos à medida que a contaminação aumenta, afetando a sanidade dos mesmos (Nunes *et al.*, 2018).

Tabela 1.19 - Massa de mil grãos de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	30,00 Da*	26,75 Db
G2	32,58 Ca	29,83 Cb
G3	38,58 Aa	31,25 Bb
G4	38,58 Ca	29,25 Cb

G5	33,75 Ca	31,50 Bb
G6	34,08 Ca	30,00 Cb
G7	33,83 Ca	30,83 Bb
G8	35,91 Ba	33,50 Ab

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 1.20 - Peso do hectolitro de oito genótipos de trigo, em dois locais, na safra de 2019.

Genótipos <sup>1</sup>	SJO <sup>2</sup>	CAP
G1	72,52 Aa*	72,67 Ba
G2	73,12 Ab	75,15 Aa
G3	73,05 Aa	73,20 Ba
G4	69,82 Ca	69,90 Da
G5	71,73 Ba	71,47 Ca
G6	72,63 Ab	75,60 Aa
G7	71,96 Ba	73,20 Ba
G8	71,47 Bb	74,25 Aa

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - OR Marfim; G6 - TBIO Audaz; G7 - TBIO Noble; G8 - TBIO Toruk; <sup>2</sup>SJO - São José do Ouro; CAP - Capão do Leão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Neste trabalho observa-se que as condições climáticas não favoreceram expressivamente o desenvolvimento do patógeno, por isso não houve diferença visual das parcelas que receberam inoculação, isto é, sintomas de severidade nas espigas. Entretanto, OR Marfim demonstrou-se mais suscetível à doença e alguns caracteres se mostraram variáveis em função das inoculações, a depender também dos outros fatores estudados, como foi profundamente discutido. De fato, uma das dificuldades do estudo foi sincronizar o ciclo fenológico dos genótipos. Mesmo assim, o desenho do experimento, com os fatores considerados, se mostrou promissor, requerendo, porém, adaptações.

## 1.4 Conclusões

Os momentos de inoculação do patógeno no florescimento da cultura do trigo em campo não diferiram quanto aos sintomas visuais.

Há efeitos para vários caracteres agronômicos sob os tratamentos de inoculação, especialmente para a cultivar OR Marfim.

O protocolo precisa ser ainda melhor estudado.

## Referências bibliográficas

- ALQUDAH, Ahmad M. *et al.* The genetic architecture of barley plant stature. **Frontiers in Genetics**, v. 7, p. 117, 2016.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, Leila Garcês de; PRABHU, Anne Sitarama. Indução de variabilidade na cultivar de arroz Metica-1 para resistência a *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1689-1695, 2002.
- ARENDT, Pablo. F. **Resistência de genótipos de trigo à brusone**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.
- BAREA, G.; TOLEDO, J. Identificación y zonificación de *Pyricularia* o brusone (*Pyricularia oryzae*) en el cultivo de trigo en el departamento de Santa Cruz. **Centro de Investigación Agrícola Tropical. Informe Técnico. Proyecto de Investigación Trigo. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia**, p. 76-86, 1996.
- CERESINI, Paulo Cezar *et al.* Wheat blast: past, present, and future. **Annual review of phytopathology**, v. 56, p. 427-456, 2018.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira de grãos: Décimo segundo levantamento, setembro 2020 – safra 2019/2020.: Brasília: **Companhia Nacional de Abastecimento**. 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 02 out. 2020.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira de grãos: Sexto levantamento, março 2021 – safra 2020/2021.: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Disponível em: . Acesso em: 02 abril. 2021.
- CRUZ, C. D. *et al.* *Magnaporthe oryzae* conidia on basal wheat leaves as a potential source of wheat blast inoculum. **Plant Pathology**, v. 64, n. 6, p. 1491-1498, 2015.
- CRUZ, Christian D., *et al.* Multi-environment assessment of fungicide performance for managing wheat head blast (WHB) in Brazil and Bolivia. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 2, p. 183-191, 2019.
- CRUZ, Christian D.; VALENT, Barbara. Wheat blast disease: danger on the move. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 3, p. 210-222, 2017.
- CRUZ, Maria Fernanda Antunes da; PRESTES, Ariano Moraes; MACIEL, João Leodato Nunes. Esporulação de *Pyricularia grisea* em diferentes meios de cultura e regimes de luz. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1562-1564, 2009.

CUI, Fa *et al.* QTL detection of seven spike-related traits and their genetic correlations in wheat using two related RIL populations. **Euphytica**, v. 186, n. 1, p. 177-192, 2012.

DE MIRANDA, Martha Zavariz *et al.* Effect of blast disease incidence on wheat technological quality. In: **Embrapa Trigo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: INTERNATIONAL WHEAT CONFERENCE, 9., 2015, Sydney. Program and abstracts... Sydney: University of Sydney, 2015. p. 185. Poster PO74., 2015.

EMBRAPA. Annual Wheat Newsletter. **Contribution Systems from Brazilian agricultural research Corporation**, v. 59, 2013.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production Crops**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 30 de maio de 2021.

FAOSTAT – **Food and Agriculture Organization of The United Nations - Statistics Division**. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E> > Acesso em: 30 abr. 2021.

FERRANTE, Ariel; SAVIN, Roxana; SLAFER, Gustavo A. Floret development and grain setting differences between modern durum wheats under contrasting nitrogen availability. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 1, p. 169-184, 2013.

FERREIRA, Jéssica Rosset. Caracterização fenotípica, mapeamento de QTL e análise de expressão de genes-candidatos de resistência de trigo a *Magnaporthe oryzae*. **Embrapa Trigo-Tese / dissertação (ALICE)**, 2019.

GOODING, Mike J. *et al.* **Wheat production and utilization: systems, quality and the environment**. CAB international, 1997.

GOULART, Augusto César Pereira; SOUSA, Paulo Gervini; URASHIMA, Alfredo Seiti. Damages in wheat caused by infection of *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 358-363, 2007.

GUO, Zifeng; SCHNURBUSCH, Thorsten. Variation of floret fertility in hexaploid wheat revealed by tiller removal. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 19, p. 5945-5958, 2015.

HE, Xinyao *et al.* Dwarfing genes *Rht-B1b* and *Rht-D1b* are associated with both type I FHB susceptibility and low anther extrusion in two bread wheat populations. **PLoS one**, v. 11, n. 9, p. e0162499, 2016.

HE, Xinyao *et al.* QTL mapping for field resistance to wheat blast in the Caninde# 1/Alondra population. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 133, p. 2673-2683, 2020.

IGARASHI, Seiji *et al.* Occurrence of *Pyricularia* sp. in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the State of Paraná, Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, jun. 1986.

ISLAM, M. Tofazzal *et al.* Emergence of wheat blast in Bangladesh was caused by a South American lineage of *Magnaporthe oryzae*. **BMC biology**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2016.

ISLAM, M. Tofazzal; KIM, Kwang-Hyung; CHOI, Jaehyuk. Wheat blast in Bangladesh: the current situation and future impacts. **The plant pathology journal**, v. 35, n. 1, p. 1, 2019.

KATSANTONIS, Dimitrios *et al.* Rice blast forecasting models and their practical value: a review. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 56, n. 2, p. 187-216, 2017.

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

KOHLI, M. M. *et al.* *Pyricularia* blast-a threat to wheat cultivation. **Czech J Genet Plant Breed**, v. 47, n. Special Issue, p. S130-S134, 2011.

KUMAR, N. *et al.* QTL mapping for yield and yield contributing traits in two mapping populations of bread wheat. **Molecular Breeding**, v. 19, n. 2, p. 163-177, 2007.

LAU, D. *et al.* Doenças de trigo no Brasil. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2011.

LAZZAROTTO, C.; DA SILVA, S. C.; SORIANO, BMA. Clima. *In*: **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. *In*: BARRIGOSI, JAF (Ed.). Recomendações técnicas para a cultura de arroz irrigado no Mato Grosso do Sul. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2009., 2009.

MA, Zhengqiang *et al.* Molecular genetic analysis of five spike-related traits in wheat using RIL and immortalized F2 populations. **Molecular Genetics and Genomics**, v. 277, n. 1, p. 31-42, 2007.

MACIEL, João Leodato Nunes *et al.* Escala diagramática para a quantificação de brusone em espigas de trigo. *In*: **Embrapa Trigo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 8., 2013, Londrina. Resumos..[SI: sn, 2013. Fitopatologia. 1 CD-ROM., 2013.

MALAKER, Paritosh K. *et al.* First report of wheat blast caused by *Magnaporthe oryzae* pathotype *triticum* in Bangladesh. **Plant Disease**, 2016.

MANANDHAR, H. K. *et al.* Suppression of rice blast by preinoculation with avirulent *Pyricularia oryzae* and the nonrice pathogen *Bipolaris sorokiniana*. **Phytopathology**, v. 88, n. 7, p. 735-739, 1998.

- MARTÍNEZ, Sergio Iván *et al.* Wheat blast: Aggressiveness of isolates of *Pyricularia oryzae* and effect on grain quality. **Journal of King Saud University-Science**, v. 31, n. 2, p. 150-157, 2019.
- MCMULLEN, Marcia; JONES, Roger; GALLENBERG, Dale. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact. **Plant disease**, v. 81, n. 12, p. 1340-1348, 1997.
- MELO, T. A. de. **Mecanismos de patogenicidade do fungo *Magnaporthe oryzae*, agente causal da brusone em trigo: crescimento e esporulação, pressão de turgor apressorial, enzimas celulolíticas e produção de metabólitos tóxicos.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2013.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Regras para análises de sementes.** 11- Peso volumétrico. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília-DF, MAPA / ACS 2009, ISBN 978-85- 99851-70-8, 344, 2009.
- NETO, Justino José Dias *et al.* Influência do meio de cultura na esporulação de *Magnaporthe grisea* e da concentração de conídios na severidade da brusone do arroz. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, 2010.
- NUNES, DÔUGLAS CAIXETA *et al.* INFLUENCE OF *Pyricularia grisea* ON THE TECHNOLOGICAL QUALITY OF WHEAT (*Triticum aestivum* L.) INFLUÊNCIA DE *Pyricularia grisea* NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DO TRIGO (*Triticum aestivum* L.). 2018. **Revista Sodrebras**, v.12, n. 145, 2018.
- OGOSHI, Claudio *et al.* Influence of blast on the nutrition and yield of irrigated rice in Southern Brazil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 20, p. 1378-1386, 2020.
- PASCHOLATI, S.F. Fisiologia do parasitismo: como os patógenos atacam as plantas. In: AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos.** São Paulo: Ceres, p. 545-591, 2011.
- RACINE, J. S. RSTUDIO: A PLATFORM-INDEPENDENT IDE FOR R AND SWEAVE on JSTOR. **Journal of Applied Econometrics**, v. 27, n. 1, p. 167-172, 2012.
- RAHMAN, M. Hasinur; UDDIN, M. Jashim. Blast: A threat to cereal crops in Bangladesh. **Barisal University Journal Part I**, v. 4, p. 237-260, 2017.
- RCBPTT. **Informações técnicas para trigo e triticales – safra 2018 / XI Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticales.** 1. ed. Cascavel, PR: Comissão de Pesquisa de Trigo e Triticales, 2018.
- ROY, Krishna Kanta *et al.* First report of triticales blast caused by the fungus *Magnaporthe oryzae* pathotype *Triticum* in Bangladesh. **Canadian Journal of Plant Pathology**, p. 1-8, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – SBCS. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre, p. 400, 2004.

STORANI, Waleska Del Pietro *et al.* Influência do período de molhamento, temperatura e concentração de inoculo de *Pyricularia grisea* na ocorrência da brusone em plântulas de trigo. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de São Carlos, Brasil, p. 65, 2013.

SUROVY, Musrat Zahan *et al.* Modulation of nutritional and biochemical properties of wheat grains infected by blast fungus *Magnaporthe oryzae* *Triticum* pathotype. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 1174, 2020.

SYLVESTER-BRADLEY, R., *et al.* O guia de crescimento do trigo. 2ª edição do HGCA London, p. 1-30, 2008.

TAKEITI, C. Y. Trigo. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015. Disponível em: . Acesso em: 02 abr. 2021.

TEMBO, Batiseba *et al.* 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.

THAKUR, R. P. *et al.* Screening techniques and resistance sources for foliar blast in pearl millet. **Journal of SAT Agricultural Research**, v. 7, p. 1-5, 2009.

TIMPER, Patricia *et al.* Evaluation of pearl millet grain hybrids for resistance to *Meloidogyne spp.* and leaf blight caused by *Pyricularia grisea*. **Plant disease**, v. 86, n. 8, p. 909-914, 2002.

URASHIMA, A. S. *et al.* Effect of *Magnaporthe grisea* on seed germination, yield and quality of wheat. In: **Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease**. Springer, Dordrecht, p. 267-277, 2009.

USDA. **Production, Supply and Distribution**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>. Acesso em: 17 nov. 2020.

VIEWER, NASA POWER Data Access: 02 out 2020. Multiple Data Access Options.[en linea]. **National Aeronautics and Space Administration-NASA: Washington DC**, 2018.

WILSON, Jeffrey P. *et al.* Forage yield losses in hybrid pearl millet due to leaf blight caused primarily by *Pyricularia grisea*. **Phytopathology**, v. 83, n. 7, p. 739-744, 1993.

WU ZS. Yield breeding of wheat. In: Wu ZS (ed) Wheat breeding. **Agric Pub Press of China**, Beijing, p. 201-209, 1990.

WU, Xianshan; CHANG, Xiaoping; JING, Ruilian. Genetic insight into yield-associated traits of wheat grown in multiple rain-fed environments. **PloS one**, v. 7, n. 2, p. e31249, 2012.

XU, Kaijie *et al.* Anther extrusion and its association with *Fusarium* head blight in CIMMYT wheat germplasm. **Agronomy**, v. 10, n. 1, p. 47, 2020.

YAN, Wei *et al.* Effects of plant height on type I and type II resistance to *Fusarium* head blight in wheat. **Plant Pathology**, v. 60, n. 3, p. 506-512, 2011.

YELOME, Octaviano Igor *et al.* Combining high yields and blast resistance in rice (*Oryza spp.*): A screening under upland and lowland conditions in Benin. **Sustainability**, v. 10, n. 7, p. 2500, 2018.

ZHOU, Yaopeng *et al.* Quantitative trait loci mapping for spike characteristics in hexaploid wheat. **The Plant Genome**, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2017.

ZHUANG QS. Basic experience on parents selection of Chinese wheat breeding. In: Lu FJ, Lu LS, Wang LZ (ed) Collected papers of Zhuang Qiaosheng. **Agric Pub Press of China**, Beijing, p. 378-414, 1999.

**CAPÍTULO 2 – Métodos para avaliação da resistência do trigo (*Triticum aestivum* L.) à brusone em casa de vegetação**

## 2.1 Introdução

A brusone do trigo causada pelo fungo *Magnaporthe oryzae* patótipo *Triticum* é uma das principais doenças da espiga que vem acometendo a cultura nas mais diversas regiões produtoras (URASHIMA *et al.*, 2009; KOHLI *et al.*, 2011). Embora considerada uma doença recente no aspecto mundial, os danos ocasionados pela mesma podem atingir grandes proporções acarretando epidemias quando as condições climáticas se apresentam favoráveis. De acordo com Cardoso *et al.* (2008) e Gongora-Canul *et al.* (2020), temperaturas em torno de 25 e 30°C e umidade relativa do ar acima de 90% são consideradas ideais para a ocorrência da doença, gerando grandes danos econômicos.

Uma característica esperada em plantas de trigo com espigas infectadas pela brusone é que as mesmas, em geral, possuam menor peso, devido à má formação de grãos ocasionadas pelo patógeno. De acordo com Ceresini *et al.* (2018) a qualidade das espigas, os grãos e a produtividade são inteiramente afetados com a presença do patógeno. Surovy *et al.* (2020) relatam que a infecção de brusone reduz significativamente a largura, comprimento, peso e volume dos grãos de trigo em comparação com grãos saudáveis, não infectados.

O patógeno apresenta comportamentos diversos em relação a inoculação variando em diferentes genótipos, podendo influenciar no rendimento. Sabendo da necessidade do controle da brusone e que poucas cultivares possuem resistência genética aceitável a essa doença, sendo que as mesmas normalmente apresentam falha em anos muito favoráveis a epidemias. Torna-se necessário métodos de inoculação que visem identificar diferentes níveis de incidência e severidade de reação a doença em diferentes genótipos e estádios de inoculação, atreladas a análise de componentes de rendimento. Tais métodos auxiliariam na busca pelo desenvolvimento de germoplasma resistente, tendo mais clareza das fontes de resistência para o melhoramento genético. Ainda, a utilização de ambiente com maior controle, como casa de vegetação, se constitui em melhoria experimental expressiva, especialmente para estudos específicos, como relacionados à fitopatologia.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar protocolos de resistência à brusone em trigo em casa de vegetação.

## 2.2 Material e métodos

### 2.2.1 Constituições genéticas

Foram empregadas neste estudo quatro linhagens de trigo desenvolvidas pelo Centro de Genômica e Fitomelhoramento (CGF) e duas cultivares comerciais (Tabela 2.1). As cultivares comerciais são provenientes das empresas OR Sementes e Biotrigo Genética, as quais são empresas de melhoramento de trigo no Brasil. Estes genótipos foram escolhidos de acordo com as informações sobre reação a brusone disponíveis nas Informações Técnicas para Trigo e Triticale – Safra 2018 (RCBPTT, 2018).

Tabela 21 - Genótipos utilizados no experimento, bem como a descrição genealógica, respectivas empresas obtentoras e informação da reação à brusone.

Genótipos	Descrição	Obtentora	Reação
G1	CGFT-5 (Ônix/Fundacep Raízes)	CGF	SI*
G2	CGFT-9 (Abalone/Fundacep Nova Era)	CGF	SI
G3	CGFT- B8 (BRS 194/BRS 220)	CGF	SI
G4	CGFT-B9 (BRS 220/Frontana)	CGF	SI
G5	ORS Madre Pérola (Marfim/Quartzo)	OR Sementes	S
G6	TBIO Toruk (Mirante/IBIO 0901//Quartzo)	Biotrigo Genética	MR

\*SI- sem informação de reação a doença; S- suscetível; MR- moderadamente resistente.

### 2.2.2 Arranjo experimental e condução das plantas

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no Campus da Universidade Federal de Pelotas- UFPel, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel-FAEM, situada no município de Capão do Leão - RS, durante os anos de 2019 e 2020. Os experimentos foram conduzidos em vasos, utilizando solo proveniente da região, tendo como predomínio solo tipo argissolo vermelho-amarelo distrófico e o clima caracterizado por Köppen como *Cfa* subtropical (ressalta-se, em casa de vegetação) (ALVARES *et al.*, 2013).

Os experimentos foram compostos por 216 vasos, sendo cada um constituído por 23 cm de diâmetro superior, 19,5 cm de diâmetro inferior e 22,5 cm de altura, totalizando 8 litros por unidade experimental. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições em esquema fatorial 2x6x6. Sendo o primeiro fator, dois anos de cultivo, 2019 e 2020; o segundo fator seis genótipos de trigo e o terceiro fator seis distintas épocas de inoculação do patógeno. As inoculações são definidas por testemunha de inoculação (sem inoculação do patógeno) e inoculação do patógeno na fase vegetativa (V4) - (Ino 1), pleno perfilhamento (Ino 2), emborrachamento de ponto (Ino 3), emborrachamento por aspersão (Ino 4), florescimento de ponto (Ino 5), florescimento por aspersão (Ino 6).

A semeadura e a adubação de base foram realizadas nas datas: 05/08/2019 em 2019 e dia 20/07/2020 em 2020, utilizando sementes dos genótipos comerciais categoria S2 com germinação de 92%, e as linhagens em F<sub>8</sub>. Foram semeadas um total de 8 sementes por unidade experimental. A adubação de base e cobertura foi realizada de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2004), baseada de acordo com análise de solo.

Os tratos culturais dos experimentos nos dois anos foram feitos de forma manual, sem aplicação de fungicidas. As aplicações da inoculação do patógeno para (Ino 1), (Ino 2), (Ino 4) e (Ino 6) foram feitas com borrifador *spray* e (Ino 3) e (Ino 5) com auxílio de micropipeta de 10µL. O isolado de *P. oryzae*, patótipo *Triticum*, proveniente de Viçosa-MG, já havia sido previamente testado em avaliações piloto, e foi utilizado no experimento por apresentar maior agressividade, em comparação aos demais isolados disponíveis.

O meio de cultura utilizado para esporulação do fungo, foi farinha aveia integral, sendo utilizado para preparo 50g de farinha de aveia integral e 15g do reagente Agar-Agar granulado (puro, purificado e livre de inibidores microbiológicos com pH inferior a 6,0) e completado o volume com água destilada para 1,0 L (NETO *et al.*, 2010). Após o preparo, o meio de cultura foi submetido ao processo de esterilização por autoclavagem durante 20 minutos a 121°C. Em seguida, foram vertidos para placas de petri em câmara de fluxo laminar sobre condições assépticas.

Com auxílio de um estilete, replicou-se o isolado de *P. oryzae* em cada placa que continha o meio de cultura. Após a transferência as placas foram vedadas com fita PVC, identificadas e colocadas em câmara incubadora tipo B.O.D., com temperatura ajustada para 25°C, para crescimento das colônias na luz contínua (CRUZ *et al.*, 2009). A avaliação do número de conídios foi realizada aos 14 dias após a repicagem. Para contagem da esporulação, cada placa foi lavada com 20 mL de água destilada estéril, sendo realizada a raspagem com o auxílio de um pincel de cerdas macias para desprendimento dos conídios dos micélios. Após a lavagem, a solução foi filtrada em gaze, e adicionado uma gota de surfactante (Tween 20) para garantir a dispersão uniforme dos esporos (THAKUR *et al.*, 2009) e os conídios foram quantificados em câmara de Neubauer (NETO *et al.*, 2010).

A concentração de inóculo utilizada para aplicação foi estipulada de acordo com trabalhos de Neto *et al.* (2010); Araujo; Prabhu (2002); Arendt (2006) os quais relatam que a severidade do patógeno aumenta gradativamente conforme o aumento da concentração do inóculo. Utilizou-se nas distintas épocas de inoculação, em ambos os anos, a concentração de 100 mil esporos mL<sup>-1</sup>, diluídos em água destilada.

As inoculações em 2019, se deram nos dias 28/08/2019 (Ino 1), 30/09/2019 (Ino 2), 09/10/2019 (Ino 3), 09/10/2019 (Ino 4), 23/10/2019 (Ino 5) e 23/10/2019 (Ino 6). Em 2020, a primeira inoculação (Ino1) foi realizada dia 12/08/2020, (Ino 2) dia 12/09/2020, (Ino 3) dia 23/09/2020, (Ino 4) dia 23/09/2020, (Ino 5) dia 30/09/2020 e (Ino 6) dia 30/09/2020. Sendo que o controle recebeu inoculação com água destilada.

### **2.2.3 Avaliações fenotípicas**

A escala fenotípica de severidade da doença nas espigas utilizada, foi de acordo com Maciel *et al.* (2013) e para mensuração de severidade das folhas foi utilizada a escala de Rios *et al.* (2013). Sendo feitas avaliações de severidade nas folhas 10, 20 e 30 dias após as inoculações em ambos os anos, e para severidade na espiga, apenas uma avaliação 10 dias após a inoculação no ano de 2019, devido aos fatores climáticos não favoráveis (devido à semeadura

tardia), o qual não foi considerado confiável, ou representativo de uma situação próxima da real de cultivo de trigo. No ano de 2020, foram feitas 10 avaliações, com intervalos de três dias, com contagem das espiguetas que apresentavam sintomas. Além da severidade da doença, foram realizadas as seguintes avaliações fenotípicas no decorrer do ciclo da cultura: estatura de planta (EST) e número de afilhos (NAF).

Ao término do ciclo reprodutivo, foram colhidas separadamente todas as plantas de cada vaso, nas quais foram avaliadas, comprimento de espiga (CE, em cm): utilizando uma regra graduada; massa de espiga (ME, em g): obtida através da pesagem da espiga; número de espiguetas por espiga (NEE, em unidades); número de grãos (NG, em unidades): após trilhar manualmente a espiga, foi feita a contagem de grãos; massa de grãos por espiga (MGE, em g): obtido da pesagem apenas dos grãos da espiga.

#### **2.2.4 Análises estatísticas**

Primeiramente, estimou-se o valor de desempenho relativo, pela relação entre a média do caráter das plantas inoculadas e a média da testemunha controle (inoculada com água). Esses valores foram utilizados posteriormente para a análise de variância (ANOVA), buscando observar a existência de diferença significativa entre os tratamentos. Na sequência foram verificados os pressupostos da análise de variância, através dos testes de normalidade dos resíduos por Shapiro-Wilk ( $p \geq 0,05$ ) e homogeneidade das variâncias por Bartlett ( $p \geq 0,05$ ). Então, realizou-se a ANOVA e o teste de agrupamento de médias de acordo com Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Foi utilizado o software R, através da interface RStudio (RACINE, 2012). Ainda, para comparar os resultados, todos os dados foram submetidos a análise de estatística multivariada utilizando o software Rbio, visando identificar a dissimilaridade e agrupamento dos genótipos (BHERING, 2017). Para isso, uma matriz genética de distâncias foi calculada, com base na média de distância Euclidiana, e posteriormente o agrupamento hierárquico gerado, sendo a metodologia do ponto de corte atribuída por Mojena (1977), onde, o ponto de corte = média +  $K \cdot 1,25 \cdot DP$ . Os dados oriundos das avaliações de severidade da doença nas espigas, submetidas a inoculação no

florescimento, foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), conforme a equação proposta por Campbell e Madden (1990):

Sendo:

$$AACPD = \sum_1^{n-1} \left( \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

$y_i$ : severidade da doença na época da avaliação  $i$  ( $i=1, \dots, n$ )

$y_{i+1}$ : severidade da doença na época da avaliação  $i+1$

$t_{i+1} - t_i$  = intervalo (dias) entre as avaliações

$n$ : número total de avaliações

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Componentes de rendimento

Houve interação entre os três fatores estudados para os caracteres, estatura de planta, número de afilhos, massa de espiga, número de grãos e massa de grãos por espiga. Também foi observada interação entre ano e genótipos para as variáveis, estatura de planta, número de afilhos, massa de espiga, número de grãos e massa de grãos por espiga (Tabela 2.2). Para os fatores ano e inoculações, houve interação para as variáveis de número de afilhos, comprimento de espiga, massa de espiga, número de grãos e massa de grãos por espiga.

Quanto ao desempenho dos genótipos nos anos de avaliação, diferentes comportamentos foram observados para a estatura de plantas (Tabela 2.3). Diferenças pontuais foram verificadas em alguns genótipos tanto para o ano de 2019, quanto para o ano de 2020. Da mesma forma, individualmente em cada

ano de avaliação, os genótipos foram pouco influenciados pelas inoculações, expressando valores de desempenho relativo muito próximos de 1,00. Isso demonstra que, as inoculações e conseqüentemente a doença, não teve capacidade de influenciar no desempenho das plantas inoculadas em comparação a testemunha, não inoculada. Vale salientar que, a baixa interferência da doença pode estar associada ao fato de que a resistência é uma característica controlada geneticamente de forma quantitativa (ALQUDAH *et al.*, 2016), em que as variações obtidas podem estar fortemente relacionadas às origens e local de seleção dos genitores e às condições específicas de cada ano.

Tabela 22 - Resumo da análise de variância dos caracteres agrônômicos de seis genótipos de trigo em função de dois anos de semeadura e seis distintas inoculações.

F.V.	G.L.	Quadrado médio						
		EST	NAF	CE	ME	NEE	NG	MGE
Bloco (B)	2	0,00015 <sup>ns</sup>	0,00257 <sup>ns</sup>	0,00811 <sup>ns</sup>	0,00000 <sup>ns</sup>	0,006684 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	0,0065 <sup>ns</sup>
Ano (A)	1	0,01322*	0,14312*	0,00233 <sup>ns</sup>	0,0896*	0,025567*	0,1375*	0,3306*
Genótipo (G)	5	0,03265*	0,09053*	0,00849 <sup>ns</sup>	0,0236*	0,002704 <sup>ns</sup>	0,0488*	0,0322*
Inoculação (I)	5	0,00278 <sup>ns</sup>	0,07023*	0,01486 <sup>ns</sup>	0,6518*	0,007093 <sup>ns</sup>	0,6454*	0,8237*
A*G	5	0,02896*	0,06767*	0,01114 <sup>ns</sup>	0,0098*	0,006588 <sup>ns</sup>	0,0494*	0,023*
A*I	5	0,00301 <sup>ns</sup>	0,10493*	0,03571*	0,4756*	0,01283 <sup>ns</sup>	0,4704*	1,0475*
G*I	25	0,00797*	0,08096*	0,00602 <sup>ns</sup>	0,053*	0,006173*	0,038*	0,1011*
A*G*I	25	0,01137*	0,05267*	0,00338 <sup>ns</sup>	0,0415*	0,003569 <sup>ns</sup>	0,051*	0,1086*
Resíduo	142	0,00238	0,00506	0,00685	0,0036	0,004822	0,0029	0,0036
Média geral	-	0,98	1,03	0,97	0,82	0,96	0,82	0,79
C.V. (%)	-	4,98	6,88	8,55	7,31	7,22	6,51	7,63

F.V. - Fonte de variação; C.V. - Coeficiente de variação; G.L. - Graus de liberdade; EST – Estatura de planta; NAF – Número afilhos férteis; CE – Comprimento de espiga; ME – Massa de espiga; NEE – Número de espiguetas por espiga; NG – Número de grãos espiga; MGE – Massa de grãos por espiga; <sup>ns</sup>Não significativo; \*Significativo ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 23 - Média de desempenho relativo da estatura de planta de seis genótipos de trigo, em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019						2020					
	Genótipos <sup>2</sup>						Genótipos <sup>2</sup>					
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Ino 1	0,97 Ba*	0,96 Aa	0,98 Aa	0,94 Ca	0,99 Aa	0,98 Aa	0,98 Aa	0,95 Aa	0,97 Aa	0,93 Aa	0,99 Ba	1,01 Ba
Ino 2	1,00 Ba†	0,99 Aa	0,93 Aa	0,91 Ca	1,00 Aa	0,98 Aa	0,86 Bc	0,98 Ab	0,90 Ac	0,91 Ac	1,09 Aa†	1,09 Aa†
Ino 3	0,99 Bb	0,97 Ab	0,89 Ab	1,10 Aa†	1,03 Aa	0,93 Ab	0,93 Ab	0,97 Ab	0,97 Ab	0,91 Ab	1,07 Aa	1,02 Ba†
Ino 4	0,99 Ba	1,03 Aa†	0,97 Ab	1,02 Ba†	1,03 Aa	0,92 Ab	1,00 Ab	0,90 Ac	0,92 Ac	0,90 Ac	1,02 Bb	1,12 Aa†
Ino 5	1,26 Aa†	0,99 Ab	0,91 Ac	0,92 Cc	0,99 Ab	0,98 Ab	0,94 Aa	0,99 Aa	1,00 Aa†	0,94 Aa	0,97 Ba	1,00 Ba
Ino 6	1,06 Ba	1,02 Aa†	0,96 Ab	0,94 Cb	1,03 Aa	1,00 Aa	1,00 Aa	0,93 Aa	0,96 Aa	0,93 Aa	1,02 Ba	0,93 Ca
Média	1,04	0,99	0,94	0,97	1,01	0,97	0,95	0,95	0,95	0,92	1,03	1,03

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; †Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para o caráter número de afilhos férteis (Tabela 2.4), embora observado que a doença tenha interferido em alguns genótipos em inoculações específicas, os valores médios em ambos os anos, demonstram que a variável de modo geral, não foi influenciada. É possível verificar pelo quadrado médio que as variações obtidas são mais fortemente decorrentes dos anos de condução do experimento, do que propriamente das inoculações. Cabe destacar que, o número de afilhos férteis é uma característica controlada por múltiplos genes, sendo necessário longos anos de melhoramento convencional ou auxílio de ferramentas biotecnológicas para modificar a característica (ZHUANG, 1999; CORSI *et al.*, 2021). Entretanto, estes genes parecem ser mais influenciados por fatores abióticos (ano) do que pelo fator biótico testado.

No comprimento de espiga, houve interação entre os anos e as inoculações (Tabela 2.5), sendo as inoculações Ino 5 e Ino 6, mais afetadas em 2019 e a Ino 2 em 2020. Embora efeitos contrários entre os anos, os dados obtidos em 2020 demonstram que a doença quando inoculada até a fase do emborrachamento da cultura do trigo possui capacidade de influenciar no comprimento da espiga, diferente das inoculações no florescimento que não sofreram interferência. Estes resultados, indicam que, plantas de trigo quando inoculadas nas fases iniciais do desenvolvimento, os quais, coincidam com os estádios de definição dos componentes de rendimento da cultura, como neste caso, no comprimento de espiga, tornam-se mais vulneráveis para expressão deste caráter (SHI *et al.*, 2009; WU *et al.*, 2012).

Para massa de espiga houve comportamento distinto dos genótipos entre os anos, no entanto observa-se uma tendência na redução de massa de espiga a medida do desenvolvimento em que as plantas são inoculadas (Tabela 2.6). Sendo a fase do emborrachamento Ino 3 e Ino 4 ao florescimento Ino 5 e Ino 6 as mais prejudiciais. É possível verificar uma diminuição significativa da massa de espiga dos genótipos quando inoculados no florescimento com aspersão. O estágio de florescimento da cultura do trigo, é considerada a fase mais crítica para a ocorrência do patógeno, pois, é neste momento que o mesmo, em condições ideais para seu desenvolvimento, possui capacidade de infectar as espigas. Plantas com espigas infectadas, tornam-se esbranquiçadas, devido a interrupção da translocação de nutrientes do ponto de infecção do patógeno para

o restante da espiga, acarretando a redução da massa da mesma, devido à má formação ou ausência de grãos (CERESINI *et al.*, 2018).

No número de espiguetas por espiga houve interação entre os anos e inoculações (Tabela 2.7). Sendo, Ino 2 e Ino 4 em 2020 as mais afetadas pela doença quando comparadas a 2019, no entanto, não houve diferença significativa entre inoculações dentro de cada ano. Pode-se observar pela média geral, que este caráter não foi afetado pelas inoculações. No trigo, é importante salientar que o desenvolvimento das espigas e neste caso, o número de espiguetas por espiga é pré-definido e diferenciado já no início do desenvolvimento da cultura (primórdio floral), estando fortemente sujeito a influências oriundas de condições ambientais (SYLVESTER *et al.*, 2008).

Tabela 24 - Média de desempenho relativo de número de afilhos de seis genótipos de trigo, em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019						2020					
	Genótipos <sup>2</sup>											
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Ino 1	1,34 Aa <sup>†</sup> *	1,25 Aa	1,00 Bc	1,13 Bb <sup>†</sup>	1,05 Ac	0,82 Bd	0,87 Cc	1,23 Aa	1,00 Bb	0,95 Bb	1,30 Aa <sup>†</sup>	0,77 Cc
Ino 2	1,05 Ba	1,01 Ba	0,98 Ba <sup>†</sup>	1,03 Ca <sup>†</sup>	0,92 Ba	1,03 Aa	1,11 Ba	0,97 Bb	0,84 Cc	0,87 Bc	1,05 Ba <sup>†</sup>	0,97 Bb
Ino 3	0,99 Bc	1,11 Bb	0,81 Cd	1,31 Aa <sup>†</sup>	1,07 Ab	0,98 Ac	1,34 Aa <sup>†</sup>	1,06 Bb	0,80 Cc	0,90 Bc	1,26 Aa <sup>†</sup>	0,97 Bb
Ino 4	0,80 Cb	1,03 Ba	0,88 Cb	0,87 Db	0,96 Ba	1,08 Aa	0,84 Cd	1,11 Bb	0,98 Bc	0,97 Bc	0,89 Cd	1,23 Aa <sup>†</sup>
Ino 5	0,96 Bc	0,86 Cc	1,15 Aa	1,02 Cb	0,89 Bc	0,91 Bc	1,15 Bb <sup>†</sup>	1,24 Aa <sup>†</sup>	1,04 Bc	1,00 Bc	1,13 Bb <sup>†</sup>	1,30 Aa <sup>†</sup>
Ino 6	0,79 Cd	1,29 Aa	1,10 Ab	0,90 Dc	0,90 Bc	1,01 Ac	0,92 Cb <sup>†</sup>	1,26 Aa	1,18 Aa	1,26 Aa <sup>†</sup>	1,35 Aa <sup>†</sup>	1,03 Bb
Média	0,99	1,09	0,99	1,04	0,97	0,97	1,04	1,14	0,97	0,99	1,16	1,04

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; <sup>†</sup>Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knot ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 25 - Média de desempenho relativo de comprimento de espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoculações	2019	2020
Ino 1 <sup>1</sup>	0,99 Aa*	0,97 Ba
Ino 2	1,01 Aa	0,93 Bb
Ino 3	0,94 Ba	0,94 Ba
Ino 4	0,95 Ba	0,92 Ba
Ino 5	0,94 Bb	1,04 Aa
Ino 6	0,93 Bb	0,99 Aa
Média geral (%)	0,96	0,97

<sup>1</sup>Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 26 - Média de desempenho relativo de massa de espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019						2020					
	Genótipos <sup>2</sup>											
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Ino 1	1,04 Aa*	1,00 Aa <sup>†</sup>	1,00 Aa	1,00 Aa	1,02 Aa	1,13 Aa <sup>†</sup>	1,02 Aa	0,88 Bb	0,92 Bb	1,08 Aa	1,10 Aa	0,71 Cc
Ino 2	1,05 Aa <sup>†</sup>	0,94 Aa <sup>†</sup>	1,04 Aa <sup>†</sup>	1,02 Aa <sup>†</sup>	1,05 Aa <sup>†</sup>	1,07 Aa <sup>†</sup>	0,67 Cc	0,78 Cb	0,93 Ba	0,85 Bb	0,62 Dc	0,80 Bb
Ino 3	0,74 Bb	0,86 Ba	0,69 Bb	0,77 Cb	0,85 Ba	0,95 Ba <sup>†</sup>	0,84 Bb <sup>†</sup>	0,88 Bb	0,94 Bb <sup>†</sup>	0,81 Bb	1,10 Aa <sup>†</sup>	0,84 Bb
Ino 4	0,73 Bb	0,85 Ba <sup>†</sup>	0,80 Ba <sup>†</sup>	0,89 Ba	0,88 Ba <sup>†</sup>	0,71 Cb	0,73 Cc	0,64 Dc	0,51 Dd	0,87 Bb	0,70 Cc	0,97 Aa <sup>†</sup>
Ino 5	0,54 Cb	0,81 Ba	0,75 Ba	0,49 Db	0,58 Cb	0,51 Db	0,89 Bc <sup>†</sup>	1,06 Ab <sup>†</sup>	1,39 Aa <sup>†</sup>	0,91 Bc <sup>†</sup>	0,81 Bc <sup>†</sup>	1,05 Ab <sup>†</sup>
Ino 6	0,49 Cb	0,48 Cb	0,69 Ba	0,52 Db	0,46 Db	0,45 Db	0,69 Ca <sup>†</sup>	0,75 Ca <sup>†</sup>	0,71 Ca	0,73 Ca <sup>†</sup>	0,56 Db <sup>†</sup>	0,59 Db <sup>†</sup>
Média	0,76	0,82	0,83	0,78	0,81	0,81	0,81	0,83	0,9	0,87	0,82	0,83

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; <sup>†</sup>Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 27 - Média de desempenho relativo de número espiguetas por espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoculações	2019	2020
Ino 1 <sup>1</sup>	0,98 Aa*	0,98 Aa
Ino 2	1,01 Aa	0,92 Ab
Ino 3	0,95 Aa	0,94 Aa
Ino 4	0,97 Aa	0,92 Ab
Ino 5	0,96 Aa	0,95 Aa
Ino 6	0,93 Aa	0,96 Aa
Média geral (%)	0,97	0,95

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

Para a variável número de grãos por espiga, diferenças entre ano, momentos de inoculação e genótipos foram observadas (Tabela 2.8). No entanto, em 2019, todos os genótipos na Ino 1 e Ino 2 apresentaram comportamentos semelhantes, sendo pouco afetados pela doença. A partir da Ino 3 foi possível observar mais variações quanto a severidade da doença, e uma progressão da mesma à medida em que os genótipos se encaminharam para o florescimento. Em 2020, as médias de desempenho relativo obtidas também foram divergentes, no entanto pode-se observar interferência no número de grãos por espiga para alguns genótipos desde o início das inoculações. Segundo Islam *et al.* (2019) ataques ocasionados pelo patógeno durante o florescimento da cultura são fatores limitantes para formação de grãos. A Ino 5 foi a menos afetada em comparação a Ino 6. Sendo os genótipos comerciais, ORS Madre Pérola e Tbio Toruk significativamente mais sensíveis as inoculações, quando comparados as linhagens do CGF.

De acordo com Nunes *et al.* (2018), a doença na cultura, compromete o enchimento dos grãos e limita a produtividade. Goulart *et al.* (2007) relatam que em cultivares de ciclo precoce os danos são mais severos, quando comparadas as de ciclo tardio, devido ao período em que as espigas ficam expostas e as condições climáticas.

No caráter massa de grãos por espiga, observa-se variações no desempenho dos genótipos entre os anos e inoculações (Tabela 2.9). Em 2019 ficou explícito que o efeito da inoculação da doença é gradual, ou seja, sendo

pouco afetado no estágio vegetativo, mas aumentando a medida em que os genótipos inoculados se encontram no estágio de florescimento. No ano de 2020, os resultados obtidos foram mais variados, demonstrando que as inoculações no desenvolvimento vegetativo Ino 1 e Ino 2 e no florescimento Ino 5, não interferiram no caráter analisado. No entanto, a Ino 6 se mostrou mais agressiva, sendo TBIO Toruk fortemente influenciado, seguido pelas demais linhagens do CGF. Vale destacar que, o genótipo ORS Madre Pérola, neste ano não sofreu interferência. A Ino 6, compreende a fase do florescimento da cultura, a qual é considerada mais favorável para ocorrência do patógeno, e de fato pode-se observar neste trabalho, efeitos significativos, embora os sintomas nos grãos dos genótipos não inoculados quando comparados aos inoculados no ano de 2020 não sejam tão explícitos (Figuras 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6). Segundo Ceresini *et al.* (2018) os grãos obtidos de espigas infectadas pelo patógeno durante o florescimento, são malformados, pequenos, possuem redução de massa e baixa qualidade de grãos.

Tabela 28 - Média de desempenho relativo de número de grãos por espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019						2020																	
	Genótipos <sup>2</sup>																							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6												
Ino 1	1,03	Ab*	0,97	Ab†	1,00	Ab	1,02	Ab	1,11	Aa	1,06	Aa†	1,12	Ba†	0,83	Ac	0,91	Bb	1,08	Aa	1,10	Aa	0,72	Cd
Ino 2	1,10	Aa†	0,93	Ab†	1,03	Aa	1,01	Aa†	1,08	Aa†	1,05	Aa†	0,72	Dc	0,80	Ab	0,96	Ba	0,90	Ba	0,71	Cc	0,81	Bb
Ino 3	0,65	Bb	0,96	Aa†	0,67	Bb	0,90	Ba†	0,66	Cb	0,66	Bb	0,92	Ca†	0,87	Ab	1,01	Ba†	0,70	Cc	0,99	Ba†	0,82	Bb†
Ino 4	0,67	Bc	0,90	Aa†	0,72	Bc	0,93	Ba†	0,82	Bb	0,60	Bd	0,70	Db	0,70	Bb	0,64	Cb	0,74	Ca	0,76	Ca	0,82	Ba†
Ino 5	0,60	Bb	0,70	Ba	0,72	Ba	0,54	Cc	0,67	Ca	0,50	Cc	1,25	Ab†	0,91	Ae†	1,37	Aa†	1,00	Ad†	0,76	Cf†	1,12	Ac†
Ino 6	0,58	Bb	0,49	Cb	0,74	Ba	0,59	Cb	0,59	Cb	0,54	Cb	0,85	Ca†	0,72	Bb†	0,68	Cb	0,61	Dc	0,50	Dd	0,49	Dd
Média	0,77		0,83		0,81		0,83		0,82		0,73		0,93		0,80		0,93		0,84		0,8		0,79	

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; †Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05).

Tabela 29 – Média de desempenho relativo de massa de grãos por espiga de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação nos anos de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019												2020											
	Genótipos <sup>2</sup>																							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6						
Ino 1	1,02	Ab*	1,00	Ab <sup>†</sup>	1,00	Ab <sup>†</sup>	1,03	Ab	1,18	Ab	1,18	Aa <sup>†</sup>	0,99	Bb	0,84	Bc	0,84	Cc	1,03	Ab	1,15	Ba	0,67	Dd
Ino 2	1,05	Aa <sup>†</sup>	0,90	Bb <sup>†</sup>	1,04	Aa <sup>†</sup>	1,05	Aa <sup>†</sup>	1,09	Aa <sup>†</sup>	1,12	Aa <sup>†</sup>	0,58	Db	0,77	Ca	0,84	Ca	0,82	Ba	0,57	Eb	0,78	Ca
Ino 3	0,69	Bc	0,89	Ba	0,62	Cc	0,79	Bb <sup>†</sup>	0,71	Cc	0,80	Bb	0,94	Ba <sup>†</sup>	0,87	Ba	0,95	Ba <sup>†</sup>	0,65	Cc	0,92	Ca <sup>†</sup>	0,78	Cb
Ino 4	0,64	Bc	0,84	Ba <sup>†</sup>	0,74	Bb <sup>†</sup>	0,83	Ba	0,87	Ba <sup>†</sup>	0,63	Cc	0,70	Cc	0,51	De	0,39	Ef	0,80	Bb	0,62	Ed	0,97	Ba <sup>†</sup>
Ino 5	0,42	Cb	0,73	Ca	0,68	Ba	0,35	Cc	0,44	Db	0,32	Dc	1,15	Ab <sup>†</sup>	0,99	Ac <sup>†</sup>	1,65	Aa <sup>†</sup>	1,03	Ac <sup>†</sup>	0,71	Dd <sup>†</sup>	1,09	Ab <sup>†</sup>
Ino 6	0,32	Cc	0,38	Db	0,62	Ca	0,42	Cb	0,33	Ec	0,29	Dc	0,66	Cb <sup>†</sup>	0,73	Cb <sup>†</sup>	0,53	Dc	0,66	Cb <sup>†</sup>	1,27	Aa <sup>†</sup>	0,38	Ed
Média	0,69		0,79		0,78		0,74		0,77		0,72		0,84		0,79		0,87		0,83		0,87		0,78	

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; <sup>†</sup>Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).



Figura 2.4 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-5; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.



Figura 2.5 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-9; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.



Figura 2.6 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-B8; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.



Figura 2.7 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo CGF-B9; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.



Figura 2.8 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo ORS Madre Pérola; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.



Figura 2.9 - Sintomas de brusone em grãos de trigo do genótipo TBIO Toruk; A. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-V4; B. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa V4; C. Grãos de plantas não inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; D. Grãos de plantas inoculadas - fase vegetativa-pleno perfilhamento; E. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento de ponto; F. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento de ponto; G. Grãos de plantas não inoculadas - emborrachamento por aspersão; H. Grãos de plantas inoculadas - emborrachamento por aspersão; I. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento de ponto; J. Grãos de plantas inoculadas - florescimento de ponto; K. Grãos de plantas não inoculadas - florescimento por aspersão; L. Grãos de plantas inoculadas - florescimento por aspersão; Casa de vegetação 2020.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.

Na análise de agrupamentos foi utilizado o método de Tocher, com base nas distâncias euclidianas, sendo possível observar no ano de 2019 e 2020 comportamentos divergentes dos genótipos, mas em comum, a formação de dois grupos. Em 2019 o grupo mais distinto, foi composto por CGF-5 e CGF-9, e o segundo grupo incluiu CGF-B8, CGF-B9, OR Madre Pérola e TBIO Toruk. Não foi possível a previamente esperada separação dos genótipos TBIO Toruk, o qual é considerado moderadamente resistente a brusone, e de OR Madre Pérola, caracterizado por ser suscetível (Figura 2.7). No entanto em 2020, observou-se a formação de dois grupos, onde foi possível separar com sucesso os genótipos moderadamente resistentes pertencentes ao grupo de TBIO Toruk, CGF-9 e CGF-B9, dos genótipos suscetíveis juntamente com ORS Madre Pérola, CGF-5 e CGF-B8, compondo o segundo grupo (Figura 2.8). Cabe salientar que, para a formação dos grupos levou-se em conta, o peso dos caracteres avaliados e das inoculações, onde as semelhanças entre os genótipos fizeram com que os mesmos permanecessem agrupados.

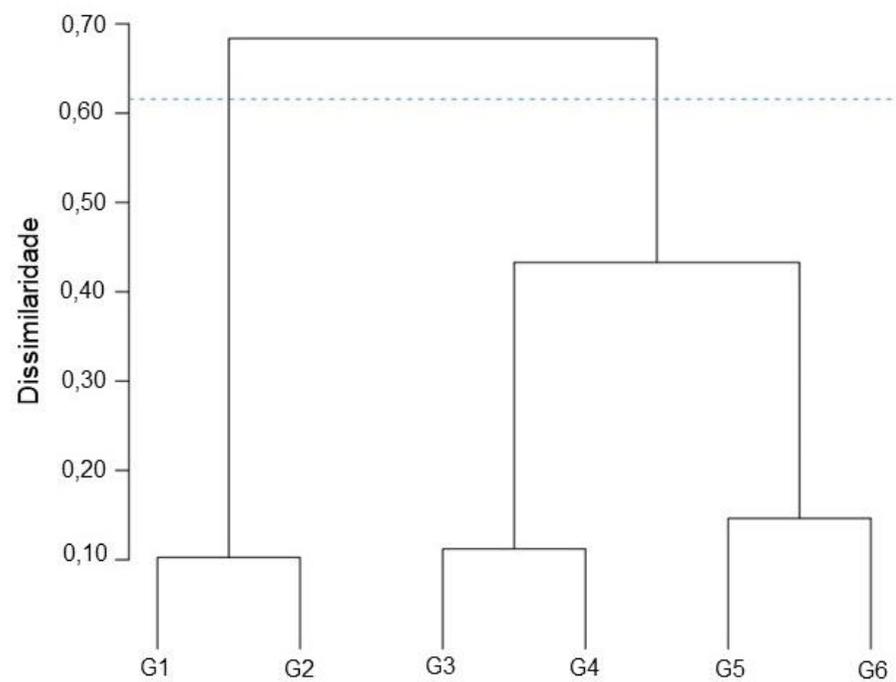


Figura 2.10 - Dendrograma obtido pelo método UPGMA a partir das médias de desempenho relativo de seis genótipos de trigo: G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - ORS Madre Pérola; G6 - TBIO Toruk; em distintos níveis de inoculações da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2019.

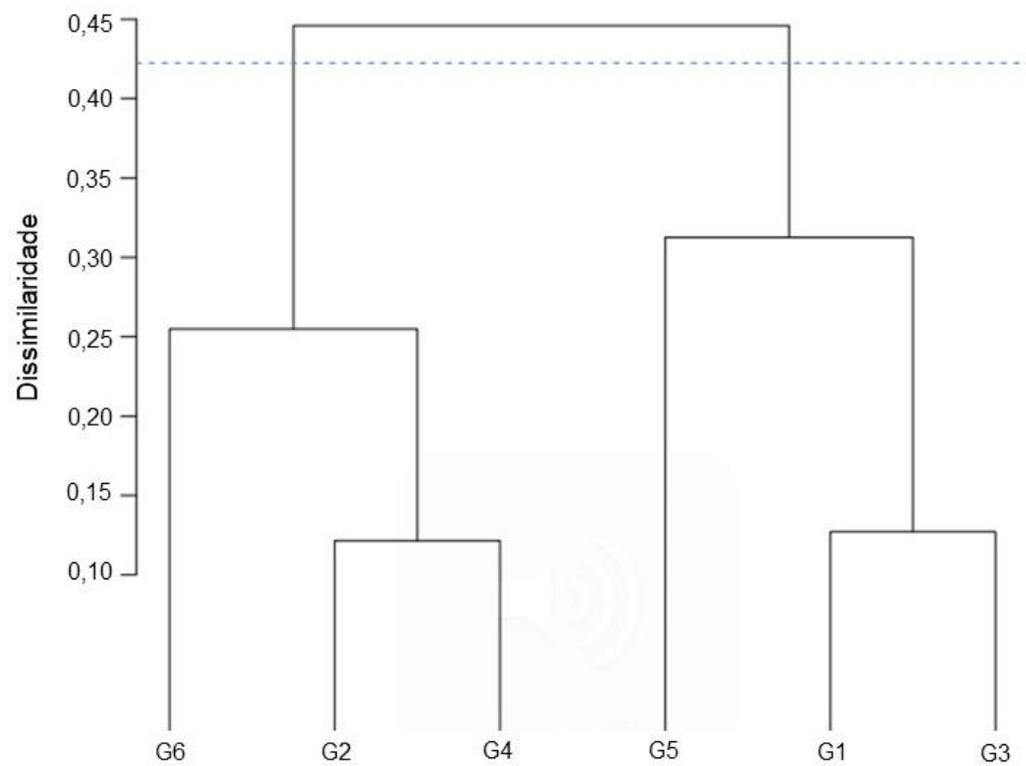


Figura 2.11 - Dendrograma obtido pelo método UPGMA a partir das médias de desempenho relativo de seis genótipos de trigo: G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - ORS Madre Pérola; G6 - TBIO Toruk; em distintos níveis de inoculações da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020.

### 2.3.2 Severidade brusone parte aérea plantas

De acordo com Cruz e Valent (2017), a brusone no trigo possui capacidade de afetar toda a parte aérea da planta, no entanto neste trabalho, para a severidade de brusone nas espigas observou-se comportamento distinto dos genótipos entre os momentos de avaliação e métodos de inoculação (Tabela 2.10). Durante as duas primeiras avaliações, ou seja, 6 dias após a inoculação (D.A.I), houve poucos sintomas e os genótipos se mantiveram muito semelhantes, entre os métodos. No entanto, a partir de 9 D.A.I todos já apresentaram sintomas, embora em níveis diferentes (Figura 2.10 e 2.11). Vale ressaltar que, ao se comparar o método de inoculação de ponto (Ino 5) e aspersão (Ino 6) é possível observar que o segundo método se demonstrou mais agressivo, apresentando as maiores severidades na espiga no decorrer dos dias após a inoculação (Figura 2.12). Assim, os genótipos CGF-5 e CGF-B9 foram mais afetados na Ino 5 e CGF-5 e CGF-B8 na Ino 6, e, ao se comparar as avaliações 30 D.A.I, apenas CGF-B8 manteve-se igual independente dos métodos de inoculação, entretanto para os demais houve maior severidade na Ino 6.

Resultados obtidos por alguns autores, evidenciam a severidade da brusone variando de 68 a 84% em espigas inoculadas no florescimento com a utilização de diferentes isolados de *P. oryzae*, patótipo *Triticum* (MARTINEZ, *et al.*, 2021). Há relatos também de que plantas inoculadas com *P. oryzae* apresentaram-se mais suscetíveis devido à grande severidade e a baixa fotossíntese (SILVA *et al.*, 2021). Outros autores ainda demonstram que, há uma grande correlação da incidência de brusone nas espigas com a perda de rendimento de grãos (DE CAMPOS DIANESE *et al.*, 2021). Acreditava-se que em espigas e grãos aparentemente saudáveis, não houvesse presença de brusone, no entanto, ao analisar a frequência de sementes infectadas pelo fungo, dentre as sementes visualmente enrugadas, enrugadas e descoloridas e as aparentemente saudáveis, curiosamente todas apresentaram incidência do fungo na semente e em plântulas derivadas de sementes infectadas, ocasionando maiores preocupações quanto estratégias para superar a doença (MARTINEZ, *et al.*, 2021).

Geralmente, em genótipos moderadamente resistentes, a doença possui por característica se manifestar mais tarde ou desenvolver-se mais lentamente, resultando em baixos valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Neste trabalho observou-se que, os genótipos suscetíveis e moderadamente resistentes, quando inoculados no método Ino 5, resultaram baixa AACPD, com média geral de 881,12%, quando comparados a Ino 6 com 1171,72%. Cabe salientar, que, embora ocorra doença nos dois métodos de inoculação, a progressão demonstrou-se mais expressiva, quando toda a espiga foi inoculada (Figura 2.9). No entanto, observou-se que CGF-B8 foi o mais afetado em ambos os métodos de inoculação, e, CGF-9 não demonstrou diferença entre os métodos. De acordo com Martínez *et al.* (2019), foi possível observar diferenças significativas nos níveis de suscetibilidade em espigas de genótipos de trigo, com os primeiros sintomas da doença surgindo após uma semana de inoculação, como a formação de pequenas manchas necróticas na parte basal das espigas, e o progresso da doença apresentando variação na suscetibilidade de acordo com genótipo de trigo e isolado inoculado, com severidade variando de 2,18% a 99,20%.

É importante ressaltar que os genótipos comerciais utilizados como referência possuem reações distintas de resistência a doença, sendo ORS Madre Pérola classificado como suscetível, e, TBIO Toruk, moderadamente resistente. E, neste trabalho, foi possível observar essa diferença entre os genótipos, onde, ORS Madre Pérola foi a mais afetada, principalmente no método de inoculação por aspersão, e, para TBIO Toruk, a severidade se manteve muito parecida independentemente do método utilizado. Acrescido a isso, é válido ressaltar que os dados oriundos do dendrograma na casa de vegetação no ano de 2020, juntamente com as inoculações realizadas no florescimento, evidenciam a formação de dois grupos com características distintas, dentre os quais, pode-se citar TBIO Toruk, CGF-9 e CGF-B9 como pertencentes ao grupo moderadamente resistente, e, ORS Madre Pérola, CGF-5 e CGF-B8, aos suscetíveis. A partir destas análises, obteve-se resultados interessantes para as linhagens oriundas do CGF, onde, não se tinha informações quanto a reação a doença, sendo possível dividi-las em grupos com

características distintas e comportamentos que podem ser considerados promissores futuramente.

Tabela 30 – Avaliação da severidade de brusone e da área abaixo da curva de progresso da doença, de seis genótipos de trigo submetidos a inoculação no florescimento, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2020.

Avaliações																						
Ino 5 <sup>2</sup>																						
Genótipos <sup>1</sup>	AV1 <sup>3</sup>	AV2	AV3	AV4	AV5	AV6	AV7	AV8	AV9	AV10	AACPD											
G1	0,00	Aa*	0,00	Ba	6,85	Ab	22,23	Bb	23,51	Cb	27,77	Cb	39,18	Bb	52,03	Cb	76,20	Ab	92,12	Aa	896,05	Cb
G2	0,00	Aa	5,70	Aa	6,49	Aa	7,72	Da	10,25	Eb	10,84	Db	19,82	Cb	51,08	Ca	56,28	Ca	59,53	Da	600,91	Da
G3	0,00	Aa	0,00	Ba	5,14	Bb	27,34	Ab	34,74	Ab	42,18	Ab	46,63	Ab	56,67	Bb	79,06	Aa	85,29	Ca	1019,42	Ab
G4	0,00	Ab	0,00	Bb	5,65	Bb	25,85	Ab	27,44	Bb	34,28	Bb	42,10	Bb	54,86	Bb	71,58	Ba	94,02	Aa	942,05	Bb
G5	0,00	Aa	0,00	Ba	4,13	Cb	13,84	Cb	14,24	Db	26,83	Cb	45,86	Ab	57,54	Bb	78,37	Aa	89,05	Ba	864,95	Cb
G6	0,00	Aa	0,00	Ba	1,21	Db	21,00	Bb	26,56	Bb	40,90	Ab	48,12	Aa	64,26	Aa	72,51	Ba	85,71	Ca	963,34	Bb
Média	0		0,95		4,91		19,66		22,79		30,47		40,29		56,07		72,33		84,29		881,12	
Ino 6 <sup>2</sup>																						
Genótipos <sup>1</sup>	AV1 <sup>3</sup>	AV2	AV3	AV4	AV5	AV6	AV7	AV8	AV9	AV10	AACPD											
G1	0,00	Ba	0,00	Ca	15,26	Ca	52,41	Ba	57,96	Ca	63,49	Aa	71,02	Aa	76,07	Aa	80,66	Aa	83,28	Ab	1409,40	Ba
G2	0,00	Ba	2,49	Bb	5,93	Fa	10,31	Ea	16,59	Fa	20,70	Da	28,58	Da	36,34	Db	45,67	Db	51,83	Eb	585,66	Fa
G3	0,00	Ba	0,00	Ca	22,47	Aa	59,89	Aa	63,67	Aa	66,03	Aa	70,05	Aa	74,40	Aa	79,08	Aa	82,17	Aa	1471,24	Aa
G4	1,55	Aa	6,54	Aa	17,02	Ba	45,79	Ca	54,40	Da	57,17	Ba	57,73	Ba	60,02	Ca	63,03	Cb	64,69	Db	1215,86	Da
G5	0,00	Ba	0,00	Ca	13,63	Da	46,56	Ca	59,84	Ba	63,94	Aa	68,35	Aa	69,91	Ba	70,90	Bb	72,94	Bb	1318,83	Ca
G6	0,00	Ba	0,00	Ca	10,72	Ea	33,24	Da	39,24	Ea	44,92	Ca	49,75	Ca	58,09	Cb	65,11	Cb	69,43	Cb	1029,32	Ea
Média	0,26		1,51		14,17		41,37		48,62		52,71		57,58		62,47		67,41		70,72		1171,72	

<sup>1</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 - ORS Madre Pérola; G6 - Tbio Toruk; <sup>2</sup>Ino 5 - inoculação florescimento de ponto; Ino 6 - inoculação florescimento por aspersão; <sup>3</sup>Avaliações severidade doença após inoculação - AV1- avaliação 3 dias após inoculação (D.A.I); AV2 - avaliação 6 (D.A.I); AV3 - avaliação 9 (D.A.I); AV4 - avaliação 12 (D.A.I); AV5 - avaliação 15 (D.A.I); AV6 - avaliação 18 (D.A.I); AV7 - avaliação 21 (D.A.I); AV8 - avaliação 24 (D.A.I); AV9 - avaliação 27 (D.A.I); AV10 - avaliação 30 (D.A.I); AACPD - área abaixo da curva de progresso da doença; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, dentro de cada momento de avaliação, e letras minúsculas entre os métodos de inoculação, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

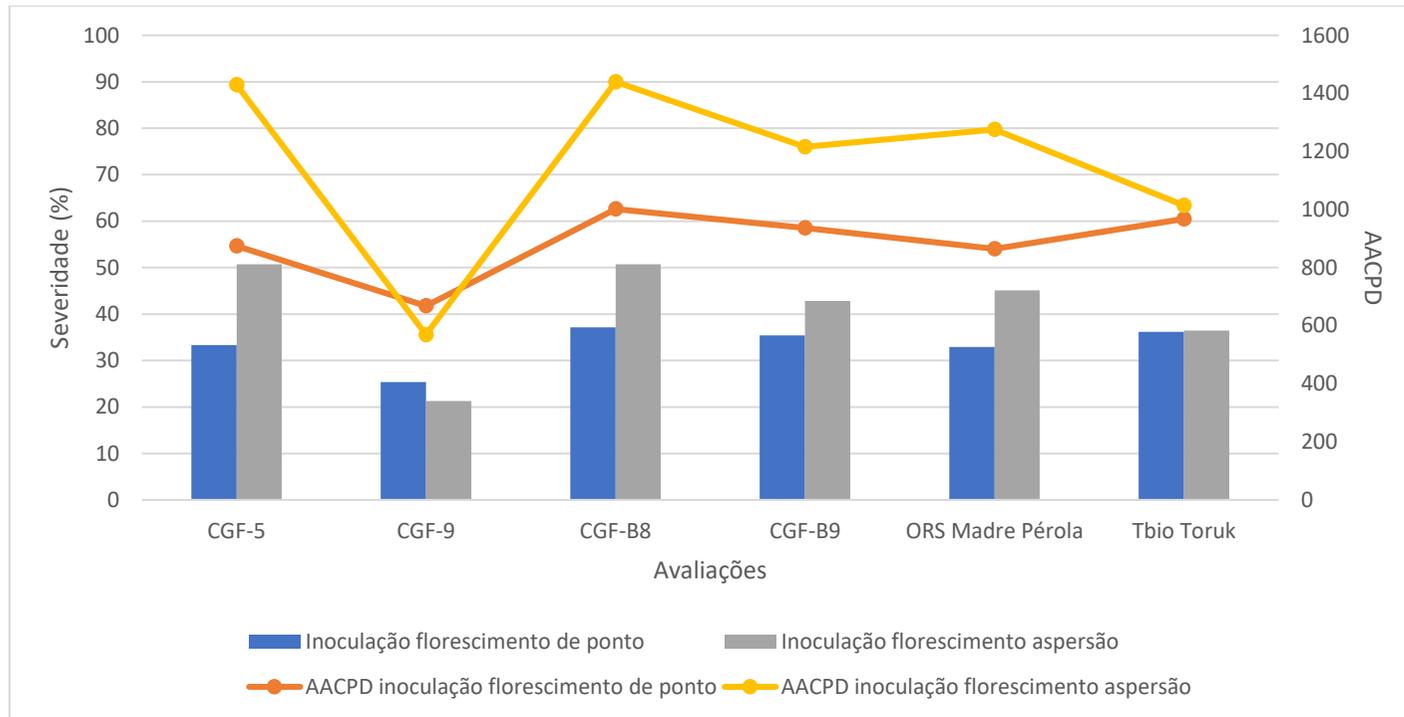


Figura 2.12 - Severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de seis genótipos de trigo: CGF-5; CGF-9; CGF-B8; CGF-B9; ORS Madre Pérola; Tbio Toruk; inoculados sob método de inoculação de ponto e aspersão no florescimento da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020.

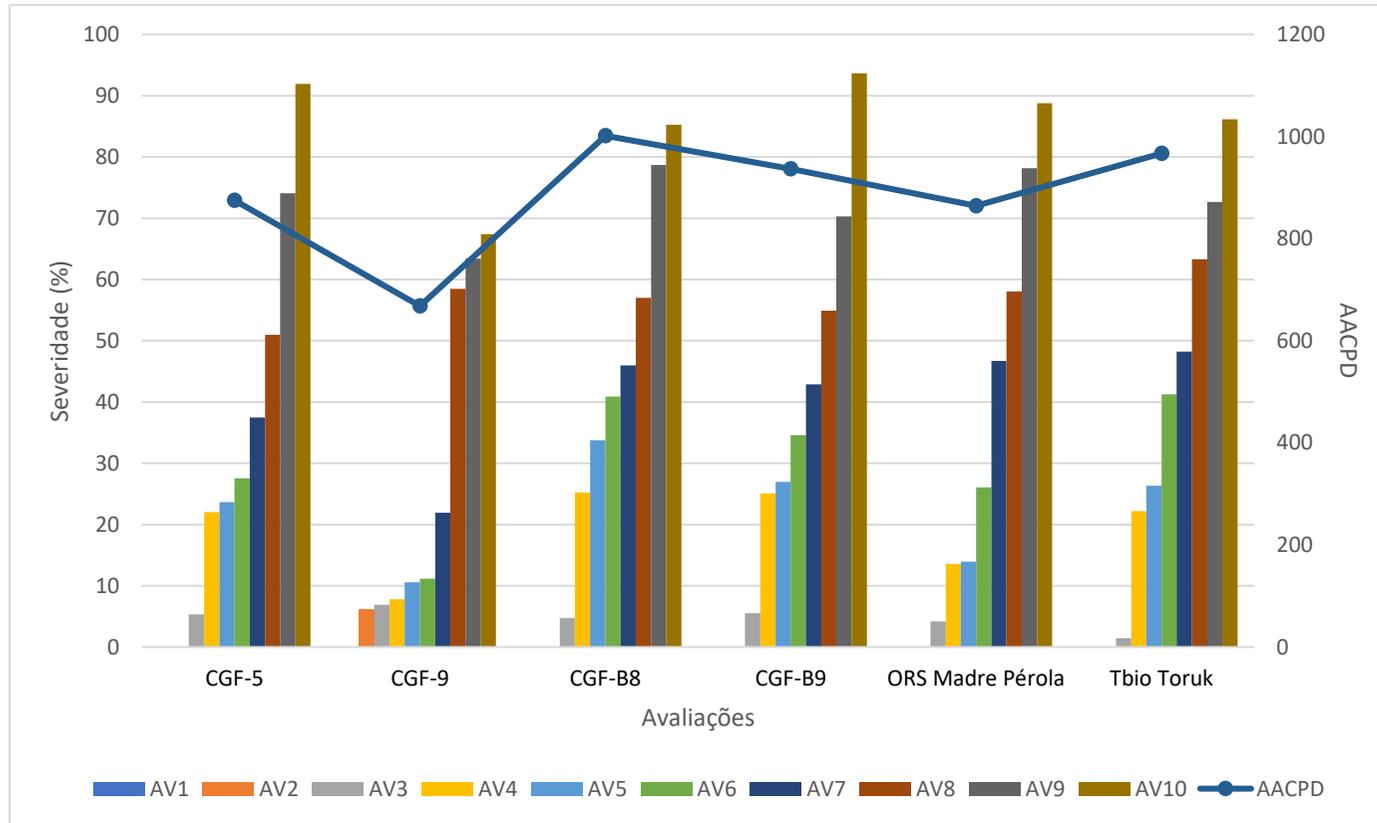


Figura 2.13 - Comportamento de severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de seis genótipos de trigo: CGF-5; CGF-9; CGF-B8; CGF-B9; ORS Madre Pérola; TBIO Toruk; sob método de inoculação de ponto no florescimento da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020.

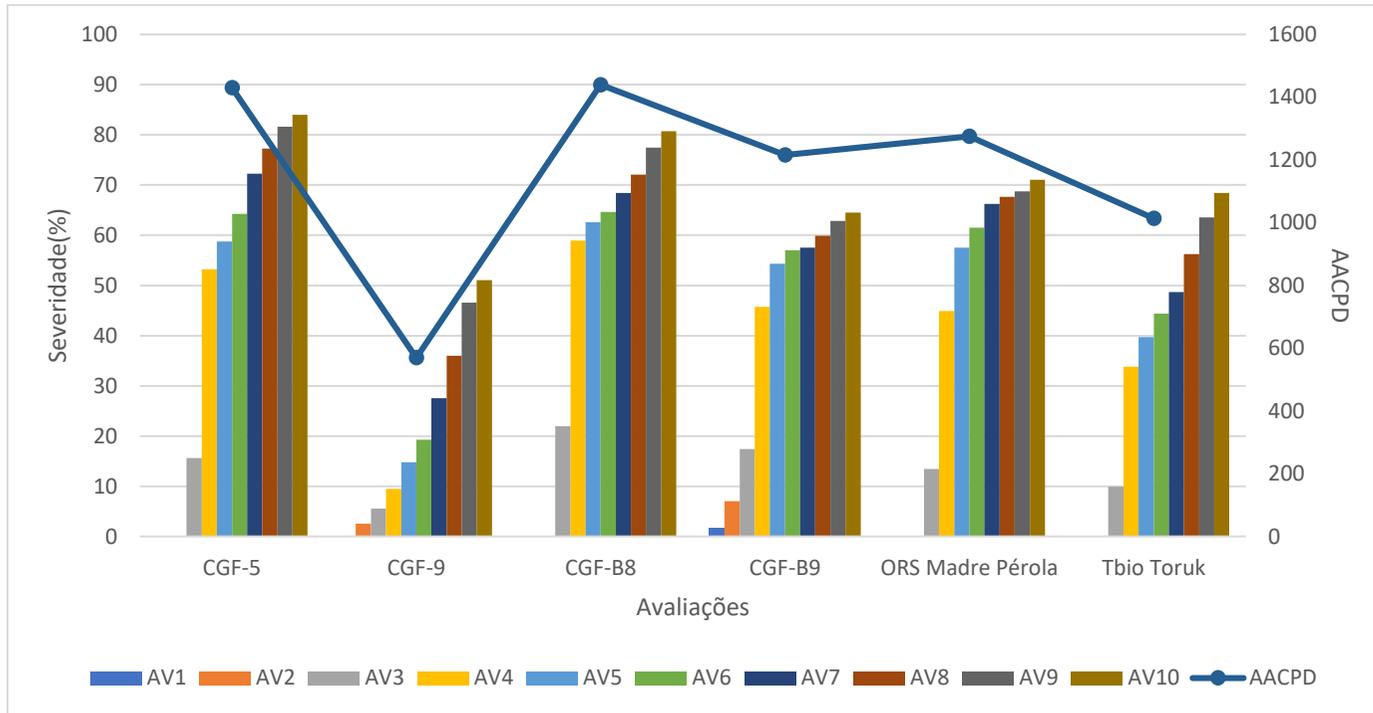


Figura 2.14 - Comportamento de severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de seis genótipos de trigo: CGF-5; CGF-9; CGF-B8; CGF-B9; ORS Madre Pérola; TBIO Toruk; sob método de inoculação por aspersão no florescimento da cultura, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020.



Figura 2.15 - Sintomas de brusone em espigas de trigo, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020; A. Lesões em espigas submetidas à inoculação de ponto (sem progressão da doença); B. Lesões em espigas submetidas à inoculação de ponto (com progressão da doença); C. Lesões em espigas submetidas à inoculação de aspersão.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.

Para a severidade da brusone em folhas houve diferença significativa nas avaliações entre anos, genótipos e inoculações (Tabela 2.14). No entanto, considerando as inoculações na fase vegetativa-V4 (Ino 1), emborrachamento de ponto (Ino 3) e florescimento de ponto (Ino 5), não observou-se sintomas da doença. Nas demais, verifica-se que ao se comparar os anos, 2019 apresentou as menores médias de severidade para genótipos e inoculações. E, que em 2020, obteve-se as maiores médias e significância. De fato, a época de semeadura e as condições climáticas em 2020 foram mais favoráveis para a ocorrência da doença.

Há relatos de que as plântulas inoculadas, após 24 horas submetidas a câmara úmida em condições controladas, apresentaram lesões com presença de micélios do fungo (MARTÍNEZ *et al.*, 2019). Esta informação é relevante pois indica que mesmo com baixos valores de severidade, folhas infectadas podem ser fontes de produção de micélios e esporos, acarretando a disseminação da doença quando as condições são favoráveis. No entanto, Gongora-Canul *et al.* (2020) relataram sintomas em folhas de plantas inoculadas no estádio de três folhas, 21 D.A.I, embora em baixas proporções quando comparadas as espigas. De acordo com Martínez, *et al.* (2019), sintomas em plântulas de trigo 4 D.A.I foram evidentes, dependendo dos genótipos inoculados, e, 7 D.A.I, para a maioria das combinações entre genótipos e isolados, embora variando muito entre os tipos de isolados. No entanto, aos 14 D.A.I as maiores severidades foram observadas, variando de 26,91 a 60,91% onde todas as combinações de genótipos e isolados apresentavam algum tipo de sintoma, dentre eles, pequenas manchas e lesões marrons escuras com ou sem centros cinza, além de lesões elípticas com centros cinza.

De acordo com Silva *et al.* (2021) a gravidade da brusone e AACPD foram favorecidas em 71, 48, 41%, quando as plantas inoculadas estiveram predispostas a temperaturas de aclimatação de 28°C, 19°C para 28°C e 28°C para 19°C, respectivamente, em comparação com plantas mantidas sob 19°C. Os mesmos autores ainda relataram que, as plantas submetidas a temperatura de 19°C, apresentavam menores números e lesões quando comparadas as demais, demonstrando a grande influência que as condições climáticas exercem

durante o processo de infecção do fungo. No entanto, embora os sintomas de brusone nas espigas sejam mais comuns e fáceis de identificar, sintomas nas folhas em condições climáticas favoráveis também são verificadas, apesar de menos perceptíveis (GOMES *et al.*, 2019). Segundo Gongora-Canul *et al.*, (2020) foi possível observar sintomas da brusone nas folhas e espigas em parcelas inoculadas a campo, e que as mesmas, quando presentes nas folhas, pareceram desempenhar um papel importante para o início de desenvolvimento na espiga, apesar do patógeno ter capacidade de infectar as plantas desde o estágio vegetativo, até o surgimento das espigas (CRUZ *et al.*, 2015; CRUZ e VALENT 2017; MARTÍNEZ, *et al.*, 2019)

Ao se analisar os genótipos em cada método de inoculação, é possível observar na avaliação da severidade de brusone 10 D.A.I, comportamentos distintos, sendo CGF-5, CGF-B9, ORS Madre Pérola e TBIO Toruk, mais afetados na Ino 6, CGF-9 na Ino 2, e, CGF-B8, com severidade expressiva para as inoculações Ino 2, Ino 4 e Ino 6 (Tabela 2.11). No entanto, 20 D.A.I, há aumento da severidade nas folhas para maioria dos genótipos, e a Ino 6 demonstra-se mais severa (Tabela 2.12). Para as avaliações 30 D.A.I, observa-se aumento significativo dos sintomas na Ino 2, Ino 4 e Ino 6, mas, cabe ressaltar que a severidade para todos os genótipos foi mais expressiva quando as plantas foram submetidas a inoculação durante o florescimento (Tabela 2.13).

Os genótipos no ano de 2019 não demonstraram muita severidade, no entanto em 2020, as linhagens do CGF, na média, foram mais afetadas, quando comparadas as cultivares comerciais, sendo o genótipo CGF-B8, CGF-5, CGF-B9, CGF-9, com 34,45%, 25,77%, 23,44%, 20,54% de severidade nas folhas, respectivamente. Os genótipos comerciais sofreram pouca influência, sendo TBIO Toruk 11,23% e ORS Madre Pérola 13,68%. De acordo com Cruz *et al.* (2015) as lesões na cultura do arroz tendem a ocorrer em folhas jovens, e no trigo em folhas mais velhas, incluindo as folhas senescentes na base da planta, no entanto os resultados obtidos nesse estudo evidenciam sintomas em folhas jovens, colmos e folhas bandeiras da cultura (Figura 2.13).



Figura 2.16 - Sintomas de brusone em folhas de trigo, conduzidos em casa de vegetação no ano de 2020; A. Lesões em folhas jovens; B. Lesões em folha bandeira; C. Lesões em colmos.

Fonte: Amanda Valentini Baseggio.

Tabela 31 - Avaliação da severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, dez dias após a inoculação, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019												2020											
	Genótipos <sup>2</sup>																							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Ino 1	0	Aa*	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Ca	0	Ca	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da
Ino 2	0,10	Ab	0,28	Bb	1,65	Aa	0,85	Ab	0,21	Bb	0,57	Cb	3,18	Bd†	15,19	Ab†	17,42	Ca†	7,91	Bc†	2,93	Cd†	3,34	Cd†
Ino 3	0	Aa	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Ca	0	Ca	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da
Ino 4	0,40	Ac	0,28	Bc	2,34	Aa	1,26	Ab	0,31	Bc	2,76	Ba	3,53	Bd†	6,35	Cc†	29,31	Ba†	2,27	Ce†	4,17	Bd†	11,14	Bb†
Ino 5	0	Aa	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Ca	0	Ca	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da
Ino 6	0,47	Ac	2,13	Ab	1,55	Ab	1,24	Ac	2,04	Ab	4,47	Aa	10,12	Ad†	9,01	Be†	76,4	Aa†	21,2	Ab†	7,55	Af†	12,6	Ac†
Média	0,16		0,44		0,92		0,55		0,42		1,29		2,80		5,09		20,51		5,22		2,44		4,51	

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; †Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05).

Tabela 32 - Avaliação da severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, vinte dias após a inoculação, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019												2020																																			
	Genótipos <sup>2</sup>																																															
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G1	G2	G3	G4	G5	G6																														
Ino 1	0	Ba*	0	Aa	0	Ca	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Ba	0	Aa	0	Ca	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da						
Ino 2	0,35	Ba	0,03	Aa	0,37	Ca	0,22	Ba	0,48	Ba	0,65	Ba	10,65	Bc <sup>†</sup>	3,75	Ce <sup>†</sup>	4,45	Ce <sup>†</sup>	14,10	Ba <sup>†</sup>	12,43	Bb <sup>†</sup>	5,94	Cd <sup>†</sup>	0,45	Bb	0,42	Ab	4,42	Ba	0,99	Ab	1,05	Bb	0,71	Bb	1,92	Ce <sup>†</sup>	7,78	Bd <sup>†</sup>	42,9	Ba <sup>†</sup>	8,11	Cd <sup>†</sup>	10,9	Cc <sup>†</sup>	21,67	Ab <sup>†</sup>
Ino 3	0	Ba	0	Aa	0	Ca	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Ba	0	Aa	0	Ca	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da		
Ino 4	0,45	Bb	0,42	Ab	4,42	Ba	0,99	Ab	1,05	Bb	0,71	Bb	1,92	Ce <sup>†</sup>	7,78	Bd <sup>†</sup>	42,9	Ba <sup>†</sup>	8,11	Cd <sup>†</sup>	10,9	Cc <sup>†</sup>	21,67	Ab <sup>†</sup>	4,65	Ab	1,14	Ad	7,06	Aa	1,49	Ad	2,48	Ac	2,27	Ac	25,03	Ad <sup>†</sup>	47,3	Ac <sup>†</sup>	65,11	Aa <sup>†</sup>	54,37	Ab <sup>†</sup>	20,33	Ae <sup>†</sup>	11,79	Bf <sup>†</sup>
Ino 5	0	Ba	0	Aa	0	Ca	0	Ba	0	Ba	0	Ba	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	0	Da	Média	0,90	0,26	1,97	0,45	0,66	0,60	6,26	9,80	18,74	12,76	7,27	6,56											
Ino 6	4,65	Ab	1,14	Ad	7,06	Aa	1,49	Ad	2,48	Ac	2,27	Ac	25,03	Ad <sup>†</sup>	47,3	Ac <sup>†</sup>	65,11	Aa <sup>†</sup>	54,37	Ab <sup>†</sup>	20,33	Ae <sup>†</sup>	11,79	Bf <sup>†</sup>																								
Média	0,90	0,26	1,97	0,45	0,66	0,60	6,26	9,80	18,74	12,76	7,27	6,56																																				

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; <sup>†</sup>Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05).

Tabela 33 - Avaliação da severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, trinta dias após a inoculação, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2019 e 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	2019												2020											
	Genótipos <sup>2</sup>																							
	G1		G2		G3		G4		G5		G6		G1		G2		G3		G4		G5		G6	
Ino 1	0	Ca*	0	Ba	0	Ca	0	Ca	0	Ba	0	Ca	0	Da										
Ino 2	0,43	Ca	0,18	Ba	0,50	Ca	0,20	Ca	0,38	Ba	1,04	Ca	37,06	Cb <sup>†</sup>	42,50	Ba <sup>†</sup>	42,44	Ca <sup>†</sup>	10,81	Ce <sup>†</sup>	27,98	Bc <sup>†</sup>	12,7	Bd <sup>†</sup>
Ino 3	0	Ca	0	Ba	0	Ca	0	Ca	0	Ba	0	Ca	0	Da										
Ino 4	2,16	Bd	2,21	Ad	15,42	Aa	7,07	Ab	2,11	Ad	4,33	Ac	50,07	Bb <sup>†</sup>	10,66	Cf <sup>†</sup>	72,44	Ba <sup>†</sup>	42,28	Bd <sup>†</sup>	20,14	Ce <sup>†</sup>	48,8	Ac <sup>†</sup>
Ino 5	0	Ca	0	Ba	0	Ca	0	Ca	0	Ba	0	Ca	0	Da										
Ino 6	4,65	Ab	1,14	Ad	7,06	Ba	1,49	Bd	2,48	Ac	2,27	Bc	67,50	Ad <sup>†</sup>	70,13	Ac <sup>†</sup>	91,8	Aa <sup>†</sup>	87,58	Ab <sup>†</sup>	34,00	Ae <sup>†</sup>	5,90	Cf <sup>†</sup>
Média	1,20		0,58		3,82		1,45		0,82		1,27		25,77		20,54		34,45		23,44		13,68		11,23	

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; <sup>†</sup>Significativo para ano; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (p≤0,05).

Tabela 34 - Resumo da análise de variância de severidade de brusone em folhas de seis genótipos de trigo em função de dois anos de semeadura e seis distintas inoculações.

F.V.	G.L.	Quadrado médio		
		AV1	AV2	AV3
Bloco (B)	2	0,1 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	0 <sup>ns</sup>
Ano (A)	1	2029,3*	4797*	21584*
Genótipo (G)	5	442,8*	250*	789*
Inoculação (I)	5	863,9*	2290*	6738*
A*G	5	401,8*	178*	521*
A*I	5	604,1*	162*	5077*
G*I	25	172,3*	181*	463*
A*G*I	25	176*	153*	380*
Resíduo	142	0,2	0	0
Média geral	-	3,70	5,52	11,53
C.V. (%)	-	13,02	10,11	5,79

F.V. - Fonte de variação; C.V. - Coeficiente de variação; G.L. - Graus de liberdade; AV1 – Avaliação 10 dias após inoculação; AV2 – Avaliação 20 dias após inoculação; AV3 – Avaliação 30 dias após inoculação; <sup>ns</sup>Não significativo; \*Significativo ( $p \leq 0,05$ ).

Para as avaliações em folha bandeira, foi possível verificar os genótipos na Ino 1 e Ino 3 sendo pouco afetados, no entanto, as inoculações Ino 2, Ino 4 e Ino 6 na média foram mais prejudiciais. Importante ressaltar que, na média, diferente do que se imaginava, os genótipos na Ino 2 refletiram maior severidade de brusone nas folhas bandeiras do que quando inoculados na Ino 6 (Tabela 2.15). Apesar destes resultados distintos, ambos momentos favoreceram a severidade da doença, sendo mais afetadas as linhagens CGF-B8, CGF-B9, CGF-5, com 50,46%, 42,12% e 22,76% respectivamente, e CGF-9 5,7%, TBIO Toruk 10,76% e ORS Madre Pérola 19,51%. Silva *et al.* (2019), investigaram as respostas de defesa em folhas bandeiras e espigas infectadas do genótipo comercial BR-18, classificado como moderadamente resistente, e BRS-Guamirim, suscetível a brusone, e, evidenciaram que as plantas moderadamente resistentes, quando comparadas as suscetíveis, apresentavam aumentos mais pronunciados nas atividades enzimáticas, e que o sistema antioxidante, demonstrou-se mais eficiente na remoção de espécies reativas de oxigênio, o qual acabou por reduzir os danos celulares ocasionados pela infecção fúngica. No entanto, neste trabalho, embora tenha sido observado diferentes níveis de

severidade da doença nas folhas, não foi realizado testes de atividade enzimática.

Embora ainda se tenha pouco conhecimento sobre a relação entre a brusone presente em folhas de trigo e as consequências nas espigas, ao estudar o comportamento dos genótipos, quando inoculados durante a fase vegetativa, observou-se relativa severidade da doença nas folhas, entretanto, não foi visualizada estas mesmas folhas acarretando danos nas espigas. Estes resultados divergem de alguns autores que acreditam que a presença de lesões nas folhas são potenciais fontes de inóculo para as espigas (CRUZ *et al.*, 2015; GONGORA-CANUL *et al.*, (2020); CRUPPE, (2020). No entanto as inoculações dos genótipos realizadas durante o florescimento da cultura de formas pontuais e por aspersão, demonstraram severidade significativa nas espigas. Estes resultados condizem com os obtidos por Andersen *et al.* (2015) e Mills *et al.* (2020) onde as inoculações pontuais realizadas em espigas de trigo, apresentaram aumento consistente da gravidade ao longo do tempo.

Não se tem evidências de que genótipos suscetíveis no estágio de plântula apresentem resistência no estágio adulto, e alguns autores tem relatado que a presença de resistência em folhas não é um bom indicativo da resistência na espiga (ARRUDA *et al.*, 2005; CRUPPE *et al.*, 2020; ROY *et al.* 2021). O presente trabalho demonstrou que a maioria dos genótipos apesar de resistentes no estágio vegetativo de plântulas, apresentaram suscetibilidade na espiga. No entanto, também se observou que o genótipo CGF-9 demonstrou-se menos afetado em todos os estádios de inoculação, principalmente nas espigas, sugerindo que, especificamente este genótipo, apresente resistência quando comparado aos demais, embora sejam necessários mais estudos para validar o resultado. Cabe salientar que para a verificação da resistência dos genótipos comerciais disponíveis no mercado torna-se relevante a aplicação dos protocolos desenvolvidos neste trabalho.

Tabela 35 - Avaliação da severidade de brusone em folha bandeira de seis genótipos de trigo em seis distintas épocas de inoculações, conduzidas em casa de vegetação no ano de 2020.

Inoc. <sup>1</sup>	Genótipos <sup>2</sup>												
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	Média						
Ino 1	1,60	Ec*	0,87	Dc	25,66	Eb	65,88	Ba	0,58	Ec	2,07	Ec	16,11
Ino 2	71,20	Ab	21,97	Af	80,87	Aa	58,83	Cc	34,07	Bd	27,05	Ae	49,00
Ino 3	3,83	Dd	0,20	De	53,44	Da	9,08	Eb	3,30	Dd	7,43	Dc	12,88
Ino 4	27,95	Cc	3,40	Cf	69,32	Ca	37,65	Db	23,17	Cd	13,17	Ce	29,11
Ino 5	0	Ea	0	Da	0	Fa	0	Fa	0	Ea	0	Fa	0
Ino 6	32,00	Bd	7,75	Bf	73,45	Bb	81,27	Aa	55,97	Ac	14,87	Be	44,22
Média	22,76		5,7		50,46		42,12		19,51		10,76		25,22

<sup>1</sup>Inoc. – Inoculações; Ino 1 - fase vegetativa-V4; Ino 2 - fase vegetativa-pleno perfilhamento; Ino 3 - emborrachamento de ponto; Ino 4 - emborrachamento por aspersão; Ino 5 - florescimento de ponto; Ino 6 - florescimento por aspersão; <sup>2</sup>G1 - CGF-5; G2 - CGF-9; G3 - CGF-B8; G4 - CGF-B9; G5 – ORS Madre Pérola; G6 – Tbio Toruk; \*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e por letras minúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

## **2.4 Conclusões**

Todos os métodos testados apresentam algum nível de eficiência para distinguir níveis de resistência a brusone em trigo, porém, a aspersão da solução de inóculo durante o florescimento das plantas é o melhor método.

## **Considerações finais**

Não foi possível observar diferença visual a campo das parcelas que receberam inoculação, devido as condições climáticas desfavoráveis para desenvolvimento do patógeno.

Não foi possível determinar se o método foi eficiente para identificação da reação dos genótipos de trigo na safra de 2019.

As condições climáticas na casa de vegetação foram favoráveis para desenvolvimento do patógeno, sendo possível observar diferentes níveis de severidade de brusone nos genótipos.

Os métodos de inoculações durante o florescimento das plantas demonstraram-se mais agressivos, influenciando severamente os componentes de rendimento.

## Referências bibliográficas

- ALQUDAH, Ahmad M. *et al.* The genetic architecture of barley plant stature. **Frontiers in Genetics**, v. 7, p. 117, 2016.
- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, Leila Garcês de; PRABHU, Anne Sitarama. Indução de variabilidade na cultivar de arroz Metica-1 para resistência a *Pyricularia grisea*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1689-1695, 2002.
- ARENDT, Pablo. F. **Resistência de genótipos de trigo à brusone**. 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.
- BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17: 187-190p, 2017.
- CAMPBELL, C. Lee *et al.* **Introduction to plant disease epidemiology**. John Wiley & Sons., 1990.
- CARDOSO, Cinara Araújo de Andrade; REIS, Erlei Melo; MOREIRA, Eder Novaes. Development of a warning system for wheat blast caused by *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 216-221, 2008.
- CERESINI, Paulo Cezar *et al.* Wheat blast: past, present, and future. **Annual Review of Phytopathology**, v. 56. P.427-456, 2018.
- CORSI, Beatrice *et al.* Identification of eight QTL controlling multiple yield components in a German multi-parental wheat population, including Rht24, WAPO-A1, WAPO-B1 and genetic loci on chromosomes 5A and 6A. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 134, n. 5, p. 1435-1454, 2021.
- CRUPPE, Giovana. **Wheat blast management through identification of novel sources of genetic resistance and understanding of disease dynamics**. Kansas State University, 2020.
- CRUZ, C. D. *et al.* *Magnaporthe oryzae* conidia on basal wheat leaves as a potential source of wheat blast inoculum. **Plant Pathology**, v. 64, n. 6, p. 1491-1498, 2015.
- CRUZ, C. D.; VALENT, Barbara. Wheat blast disease: danger on the move. **Tropical Plant Pathology**, v. 42, n. 3, p. 210-222, 2017.
- CRUZ, Christian D., *et al.* Multi-environment assessment of fungicide performance for managing wheat head blast (WHB) in Brazil and Bolivia. **Tropical Plant Pathology** 44.2: 183- 191, 2019.

CRUZ, Maria Fernanda Antunes da; PRESTES, Ariano Moraes; MACIEL, João Leodato Nunes. Esporulação de *Pyricularia grisea* em diferentes meios de cultura e regimes de luz. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1562-1564, 2009.

DE CAMPOS DIANESE, Alexei *et al.* Evaluation of wheat genotypes for field resistance to wheat blast caused by *Magnaporthe oryzae* pathotype *Triticum* (MoT) and correlation between yield loss and disease incidence in the Brazilian Cerrado. **Euphytica**, v. 217, n. 5, p. 1-13, 2021.

GOMES, D. P. *et al.* Temporal progression of wheat blast as a function of primary inoculum, fungicide application and genotype resistance. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 50-58, 2019.

GONGORA-CANUL, C. *et al.* Temporal dynamics of wheat blast epidemics and disease measurements using multispectral imagery. **Phytopathology**, v. 110, n. 2, p. 393-405, 2020.

GOULART, Augusto César Pereira; SOUSA, Paulo Gervini; URASHIMA, Alfredo Seiti. Damages in wheat caused by infection of *Pyricularia grisea*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 358-363, 2007.

ISLAM, M. Tofazzal *et al.* Emergence of wheat blast in Bangladesh was caused by a South American lineage of *Magnaporthe oryzae*. **BMC biology**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2016.

ISLAM, M. Tofazzal; KIM, Kwang-Hyung; CHOI, Jaehyuk. Wheat blast in Bangladesh: the current situation and future impacts. **The plant pathology journal**, v. 35, n. 1, p. 1, 2019.

KOHLI, M. M. *et al.* *Pyricularia* blast-a threat to wheat cultivation. **Czech J Genet Plant Breed**, v. 47, n. Special Issue, p. S130-S134, 2011.

MACIEL, João Leodato Nunes *et al.* Escala diagramática para a quantificação de brusone em espigas de trigo. In: **Embrapa Trigo-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 8., 2013, Londrina. Resumos..[SI: sn, 2013. Fitopatologia. 1 CD-ROM., 2013.

MARTINEZ, Sergio I. *et al.* Tracing seed to seedling transmission of the wheat blast pathogen *Magnaporthe oryzae* pathotype *Triticum*. **Plant Pathology**, 2021.

MARTÍNEZ, Sergio Iván *et al.* Wheat blast: aggressiveness of isolates of *Pyricularia oryzae* and effect on grain quality. **Journal of King Saud University-Science**, v. 31, n. 2, p. 150-157, 2019.

MILLS, Karasi B. *et al.* Comparing the Temporal Development of Wheat Spike Blast Epidemics in a Region of Bolivia Where the Disease Is Endemic. **Plant Disease**, v. 105, n. 1, p. 96-107, 2021.

- MOJENA, R. Hierárquical grouping method and stoppin grules: na evaluation. **Computer Journal**, v.20, p.359-363, 1977.
- NETO, Justino José Dias et al. Influência do meio de cultura na esporulação de magnaporthe grisea e da concentração de conídios na severidade da brusone do arroz. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 2, 2010.
- NUNES, D. C. *et al.* Influence of *Pyricularia Grisea* on the technological quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). Revista Sodebras, v. 13, n. 145, 2018.
- RACINE, J. S. RSTUDIO: A PLATFORM-INDEPENDENT IDE FOR R AND SWEAVE on JSTOR. **Journal of Applied Econometrics**, v. 27, n. 1, p. 167-172, 2012.
- RAHMAN, M. Hasinur; UDDIN, M. Jashim. Blast: A threat to cereal crops in Bangladesh. 2017
- RIOS, Jonas Alberto *et al.* Development and validation of a standard area diagram set to assess blast severity on wheat leaves. **European Journal of Plant Pathology**, v. 136, n. 3, p. 603-611, 2013.
- ROY, Krishna Kanta *et al.* Evaluation of elite bread wheat lines for resistance to blast disease in Bangladesh. **Euphytica**, v. 217, n. 7, p. 1-17, 2021.
- SHI, Jiaqin *et al.* Unraveling the complex trait of crop yield with quantitative trait loci mapping in *Brassica napus*. **Genetics**, v. 182, n. 3, p. 851-861, 2009.
- SILVA, B. N. *et al.* Physiological and biochemical changes in wheat plants infected by *Pyricularia oryzae* caused by thermal oscillations. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 115, p. 101646, 2021.
- SILVA, E. T. *et al.* Defence responses in flag leaves and spikes of common wheat *Triticum aestivum* cultivars with contrasting levels of basal resistance to blast caused by *Pyricularia oryzae*. **Plant Pathology**, v. 68, n. 4, p. 645-658, 2019.
- SUROVY, Musrat Zahan *et al.* Modulation of nutritional and biochemical properties of wheat grains infected by blast fungus *Magnaporthe oryzae* Triticum pathotype. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 1174, 2020.
- SYLVESTER-BRADLEY, R., *et al.* O guia de crescimento do trigo. 2ª edição do HGCA London, p. 1-30, 2008.
- TEMBO, Batisaba *et al.* 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.
- THAKUR, R. P. *et al.* Screening techniques and resistance sources for foliar blast in pearl millet. **Journal of SAT Agricultural Research**, v. 7, p. 1-5, 2009.

URASHIMA, A. S. *et al.* Effect of *Magnaporthe grisea* on seed germination, yield and quality of wheat. In: **Advances in Genetics, Genomics and Control of Rice Blast Disease**. Springer, Dordrecht, p. 267-277, 2009.

WU, Xianshan; CHANG, Xiaoping; JING, Ruilian. Genetic insight into yield-associated traits of wheat grown in multiple rain-fed environments. **PLoS one**, v. 7, n. 2, p. e31249, 2012.

ZHUANG QS. Basic experience on parents selection of Chinese wheat breeding. In: Lu FJ, Lu LS, Wang LZ (ed) Collected papers of Zhuang Qiaosheng. **Agric Pub Press of China**, Beijing, p. 378-414, 1999.