

# Reação de *Avena* spp. à brusone na busca de novas fontes de resistência genética

## Reaction of oat cultivars to blast in search of new sources of genetic resistance

Jossana Machry Santos<sup>1</sup>, Sandra Patussi Brammer<sup>2</sup>, Simone Meredith Scheffer-Basso<sup>1,\*</sup>, João Leodato Nunes Maciel<sup>2</sup>, Carlos Alberto Forcelini<sup>1</sup> e José Maurício Cunha Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo- RS, 99052-900, Brasil

<sup>2</sup>Embrapa Trigo, Passo Fundo – RS, 99050-970, Brasil

(\*E-mail: sbasso@upf.br)

<http://dx.doi.org/10.19084/RCA18162>

Recebido/received: 2018.06.01

Recebido em versão revista/received in revised form: 2018.08.08

Aceite/accepted: 2018.08.08

### RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar onze cultivares de aveia (*Avena* spp.) quanto à reação à brusone, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* Cav., sob condições controladas, a fim de identificar cultivares promissoras para uso em programas de melhoramento genético. Foram testadas cinco cultivares de *Avena sativa*, quatro cultivares de *A. strigosa* e duas cultivares de *A. brevis*. A reação foi testada em folhas, com quatro isolados de *P. oryzae*, na concentração de  $2 \times 10^5$  conídios/mL. Quantificou-se número e expansão de lesões, severidade e área abaixo da curva do progresso da doença. As cultivares apresentaram variabilidade quanto à reação à inoculação. O melhor desempenho foi de *A. sativa* 'URS Taura', que mostrou os menores valores para número de lesões (2/folha), comprimento (5,42 mm) e largura (1,25 mm) de lesões, área abaixo da curva do progresso da doença (0,65) e severidade (6%). Nenhum genótipo foi resistente, mas quatro cultivares mostraram percentuais de severidade compatíveis com reação de 'Moderada resistência': *A. sativa* 'URS Taura' (6%), 'UPFA Ouro' (14%) e 'IPR Afrodite' (24%) e *A. brevis* 'BRS Madrugada' (24%). Esses genótipos são referências para uso como parentais nos programas de melhoramento de aveia.

**Palavras-chave:** *Avena brevis*, *A. sativa*, *A. strigosa*, *Pyricularia oryzae*, melhoramento genético.

### ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate eleven oat (*Avena* spp.) cultivars for the reaction to the blast caused by the fungus *Pyricularia oryzae* Cav., under controlled conditions, to identify promising cultivars for use in genetic breeding programs. Five cultivars of *Avena sativa*, four of *A. strigosa* and two of *A. brevis* were tested. The reaction was observed in leaves, with four isolates of *P. oryzae*, in the concentration of  $2 \times 10^5$  conidia/ml. It was quantified the number and expansion of lesions, severity and area under the curve of disease progression. The cultivars presented variability regarding the reaction to inoculation. The best performance was *A. sativa* 'URS Taura', which showed the lowest values for number of lesions (2/leaf), length (5.42 mm) and width (1.25 mm) of lesions, area under the curve of disease progression (0.65) and severity (6%). No genotype was resistant, but four cultivars showed severity percentages compatible with 'Moderately resistance': *A. sativa* 'URS Taura' (6%), 'UPFA Ouro' (14%) and 'IPR Afrodite' and *A. brevis* 'BRS Madrugada' (24%). These genotypes are references for use as parents in oat breeding programs.

**Keywords:** *Avena brevis*, *A. sativa*, *A. strigosa*, *Pyricularia oryzae*.

### INTRODUÇÃO

Uma das limitações da cultura de aveia (*Avena* spp.) é a suscetibilidade a determinadas doenças o que provoca uma redução no rendimento e na qualidade dos grãos. Dentro dessas doenças está

a brusone, causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* Cav. (teleomorfo *Magnaporthe oryzae* B. Couch). No Brasil, a ocorrência de brusone em *Avena* L. foi relatada pela primeira vez em aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), no estado do Paraná, em

2005 (Nunes *et al.*, 2006). Em 2016 foi relatada uma nova espécie do patogénio, *Pyricularia graminis-tritici*, que demonstrou ser altamente agressiva para a aveia-branca (*Avena sativa* L.), braquiária [*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R. Webster], cevada (*Hordeum vulgare* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) (Castroagudín *et al.*, 2016).

Os fungos filamentosos, como é o caso da *P. oryzae*, apresentam mecanismos de variabilidade genética que lhes conferem adaptação a distintos ambientes e hospedeiros (Cruz *et al.*, 2010). A diversidade de virulência na população do patogénio é desafiadora para os melhoradores que visam o desenvolvimento de cultivares com resistência a esse patogénio. Por isso, a avaliação dos sintomas, tanto para o diagnóstico como para a quantificação dessa doença, é fundamental. A brusone ocorre nas partes vegetativas e reprodutivas da planta. No trigo, quando o fungo ataca a ráquis da espiga, a porção acima do ponto de infecção fica esbranquiçada e o grão não se forma, ao passo que a parte inferior permanece saudável e produz grãos normais (Kohli *et al.*, 2011). Nas folhas surgem manchas, geralmente elípticas ou arredondadas, com margem castanha escura e centro acinzentado (Cruz *et al.*, 2009).

As fontes de inóculo da doença são os hospedeiros secundários, restos de plantas cultivadas e sementes infectadas. Os conídios são libertados dos substratos na fase saprofítica e, como são leves, podem atingir longas distâncias ao serem transportados pelo vento (Reis & Forcelini, 1995). O desenvolvimento do ciclo da brusone, desde a germinação dos conídios até o surgimento das primeiras lesões, depende das condições climáticas. A doença ocorre com maior intensidade sob altas temperaturas (25 a 30 °C) e humidade acima de dez horas de molhamento foliar (Cardoso *et al.*, 2008). Por isso, o seu controlo no Brasil é difícil, já que as condições climáticas são extremamente favoráveis (Kohli *et al.*, 2011).

As medidas de controlo variam, desde o tratamento químico de sementes e da cultura, a prática de rotação de culturas e a eliminação de infestantes e hospedeiros secundários, que, por sua vez, reduzem as fontes de inóculo. Porém, o uso de cultivares resistentes é o melhor método de controlo da doença, tanto pelas vantagens do ponto de vista

económico, como ambiental (Rocha *et al.*, 2014). Em aveia-branca verificou-se variabilidade genotípica quanto à suscetibilidade à brusone (Marangoni *et al.*, 2013), o que indica a importância da avaliação de cultivares para uso em programas de melhoramento genético. O conhecimento da progressão da doença pode auxiliar os melhoradores na escolha de genótipos de aveia-branca a serem usados como parentais nos cruzamentos. Este estudo teve como objetivo avaliar a reação de genótipos de *A. sativa*, *A. strigosa* e *A. brevis* Roth. à brusone, com intuito de identificar cultivares promissoras para uso em programas de melhoramento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho avaliou onze cultivares de aveia das espécies *A. sativa*, *A. strigosa* e *A. brevis*, provenientes de diferentes instituições brasileiras de investigação (Quadro 1). O trabalho foi realizado durante o ano de 2015, na Embrapa Trigo, Passo Fundo (28° 15' 46" S, 52° 24' 24" W), Rio Grande do Sul, Brasil. A sementeira foi realizada em baldes de plástico contendo 5 kg de solo fértil, mantendo-se cinco plantas por balde, que permaneceram em estufa, sob 25 °C, desde a sementeira (junho/2015). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições.

Foram utilizados quatro isolados monospóricos de *P. oryzae* (Py120104; Py120321; Py120322; Py120343), obtidos de folhas de aveia-preta. Os isolados, preservados em papel-filtro, foram repicados em placas de Petri com meio aveia-ágar e incubados

**Quadro 1** - Cultivares de *Avena* spp. e seus respectivos obtentores

Cultivar	Espécie	Obtentor
UPFA Ouro	<i>A. sativa</i>	Universidade de Passo Fundo
IPR Afrodite	<i>A. sativa</i>	Instituto Agronômico do Paraná
FAEM Carlasul	<i>A. sativa</i>	Universidade Federal de Pelotas
URS Corona	<i>A. sativa</i>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
URS Taura	<i>A. sativa</i>	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Embrapa 29 Garoa	<i>A. strigosa</i>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa 139 Neblina	<i>A. strigosa</i>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Agro Planalto	<i>A. strigosa</i>	Agroalpha
Agro Zebu	<i>A. strigosa</i>	Agroalpha
BRS Centauro	<i>A. brevis</i>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
BRS Madrugada	<i>A. brevis</i>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

em câmara de crescimento, entre 23 a 26 °C, durante 12 dias. Para a preparação do inóculo, as placas foram lavadas com água destilada acrescida de Tween 80 (3 gotas/L), seguido da filtração da suspensão em gaze estéril e quantificação dos conídios em câmara de Neubauer. O volume e a concentração da suspensão utilizada no ensaio foram de 400 mL e  $2 \times 10^5$  conídios/mL, respectivamente. Foi utilizada uma mistura dos quatro isolados. A inoculação ocorreu trinta dias após a emergência, quando as plantas estavam no afilamento e foi realizada com um pulverizador manual nos quatro vasos de cada cultivar. Após a inoculação, as plantas foram mantidas em câmara húmida e incubadas por 24h em escuro, a 25 °C, sob nebulização de 120s, em intervalos de 60s. Após 24 h, retirou-se a câmara húmida e o fotoperíodo foi ajustado para 12 h de luz e a nebulização para 60s, a cada 1800s. As plantas permaneceram dez dias após a inoculação nessas condições e, posteriormente, foram transferidas para uma câmara de crescimento de manutenção rigorosa com a mesma temperatura e humidade alta (70%), onde permaneceram até a última avaliação.

As cultivares foram avaliadas quanto ao grau de infecção da doença nas folhas, por meio de observação visual. A primeira avaliação, quanto aos sintomas da doença, foi realizada cinco dias após a inoculação e, a partir daí, a cada três dias, totalizando nove avaliações. Foram observados: tipo, número, expansão das lesões (comprimento e largura) e a severidade do progresso da doença. Os tipos de lesões nas folhas foram classificados em cinco categorias, seguindo a classificação de Urashima *et al.* (2004): 0= sem sintoma visível da doença; 1= lesões minúsculas (tamanho “cabeça de alfinete”); 2= manchas acastanhadas, embora possa haver variação quanto à coloração, sem centro discernível; 3= pequenas lesões com formato de “olho” e centro cinza; 4= lesões típicas de brusone, elíptica e centro cinza. Para as medições do comprimento e largura das lesões utilizou-se um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. As folhas mais sintomáticas foram selecionadas e marcadas. As amostragens não foram destrutivas, de modo que a mesma lesão era medida em cada avaliação. O número de lesões foi contado nas folhas selecionadas. O grau de severidade da doença foi avaliado de acordo com a percentagem da área da folha afetada de acordo com a escala diagramática de

Notteghem (1981). No final da avaliação de severidade, as cultivares foram classificadas quanto à resistência de acordo com a escala de Goulart *et al.* (1991), com adaptação para folhas, em: resistente (R)= de 1 a 5%; moderadamente resistente (MR)= 6 a 25%; moderadamente suscetível (MS)= 26 a 50%; suscetível (S)= 51 a 75%; altamente suscetível (AS)= >75% de severidade. A avaliação da área de avanço da curva de progressão da doença (AACPD) representa o resultado acumulado do efeito dos componentes de resistência ao longo do tempo e foi calculada pela equação:  $AACPD = \sum ((Y_i + Y_{i+1}) \times 0,5) \times (T_{i+1} - T_i)$ , onde  $Y_i$  e  $Y_{i+1}$  são os valores de incidência observados entre as avaliações consecutivas;  $T_{i+1} - T_i$  é o intervalo entre duas avaliações.

Os dados finais da evolução da doença referentes ao número e expansão das lesões (comprimento e largura), severidade e AACPD foram submetidos à análise de variância, com comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. Posteriormente, realizou-se a análise multivariada, mediante a geração da matriz de distância euclidiana média (D). Em seguida testou-se, por meio da análise de correlação cofenética, qual dos métodos de agrupamento hierárquico exibiu melhor ajuste, o que culminou com a escolha do método UPGMA (coeficiente de correlação cofenética= 0,78). O número de grupos foi definido pelo procedimento de Mojena (1977), que propõe um método de cálculo baseado no tamanho relativo das distâncias do dendrograma. Para as análises estatísticas foi usado o Programa Genes (Cruz, 2013).

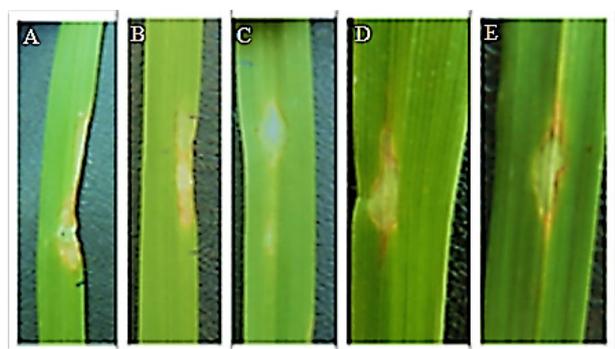
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Pyricularia oryzae*, agente causal da brusone do arroz (*Oryza sativa* L.) e do trigo, é uma das ameaças à segurança alimentar no mundo (Valent, 2004) e tem abrangido uma ampla gama de hospedeiros nos cereais de inverno (Chavez & Kohli, 2015). No entanto, pouco se sabe sobre a reação de cultivares de aveia ao patógeno. No presente estudo relatamos a reação de cultivares de *A. sativa*, *A. strigosa* e *A. brevis* a isolados de *P. oryzae*, fornecendo uma visão ampla e significativa dos resultados encontrados.

Os isolados de brusone em *A. strigosa* foram virulentos para as cultivares de *A. sativa* e *A. brevis* aqui testadas, o que indica a capacidade de diversificação e adaptação do patógeno a outros hospedeiros (Cruz *et al.*, 2010). Isolados de brusone em aveias têm perfil genético diferente dos isolados de outras gramíneas (Oh *et al.*, 2002). Assim, os isolados de *Avena* L. podem produzir lesões compatíveis somente em espécies do gênero, pois são especificamente patogênicos para os seus hospedeiros. A especificidade do patógeno é sensível, no entanto, à temperatura. A temperaturas acima de 28 °C os isolados de aveia são patogênicos para outras gramíneas, como o trigo, por exemplo. Tem-se conhecimento de que isolados de brusone de *A. strigosa* mostraram-se virulentos, também, em arroz, trigo, triticale (x *Triticosecale* Wittmack), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e cevada (Urashima & Silva, 2011).

Neste trabalho, todas as cultivares de aveia apresentaram sintomas em resposta à reação à brusone, mas os resultados revelaram que existiu reação diferencial das cultivares aos isolados do fungo quanto ao número de lesões, severidade e área abaixo da curva de progressão da doença. Em relação ao tipo de lesão, as cultivares apresentaram lesões do tipo 4, típicas da doença (Figura 1), caracterizadas como elípticas e com centro de coloração acinzentada (Urashima *et al.*, 2004). Esse tipo de lesão também foi observado por Urashima & Silva (2011) em aveia-preta inoculada com brusone.

Embora o processo de expansão de lesão, detectada pelo comprimento e largura, seja um



**Figura 1** - Lesões causadas por *Pyricularia oryzae* em folhas de cultivares de *Avena sativa*. A: IPR Afrodite; B: URS Corona; C: FAEM Carlasul; D: UPFA Ouro; E: URS Taura.

importante componente da progressão de epidemias (Menegon *et al.*, 2005), as cultivares testadas no presente trabalho não diferiram entre si quanto a esse atributo (Quadro 2). Porém, considerando o número de lesões, *A. sativa* 'URS Taura' mostrou menor suscetibilidade à *P.oryzae* em relação à *A. brevis* 'BRS Centauro' e *A. sativa* 'URS Taura', que apresentaram os maiores valores para esse caracter. O número de lesões é uma variável importante pelo fato de que a progressão da doença pode ser explicada tanto pelo aumento do número de novas lesões como pelo crescimento das lesões existentes (Bergamin Filho & Amorim, 1996) e caracteriza-se como uma avaliação precisa (Araújo & Prabhu, 2004). O tamanho final das lesões esteve de acordo com o que é comumente relatado para a doença, de até 20 mm de comprimento e 5,0 mm de largura (Côrtes *et al.*, 2010).

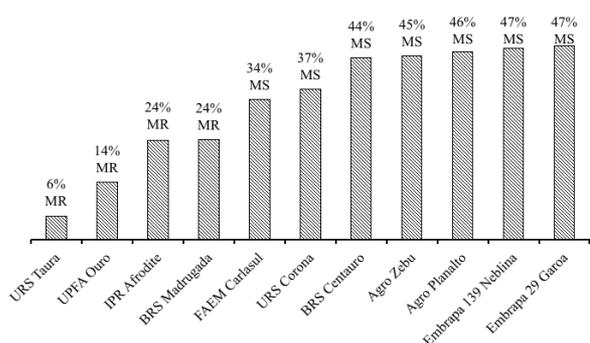
**Quadro 2** - Número, comprimento e largura das lesões nas folhas de cultivares de *Avena* spp. em resposta à inoculação com *Pyricularia oryzae*

Cultivar	Número (nº/folha)	Comprimento (mm)	Largura (mm)
URS Taura	2 c	5,42 ns	1,25 ns
IPR Afrodite	6 abc	9,65	2,19
URS Corona	5 abc	12,56	2,81
FAEM Carlasul	9 abc	10,51	2,72
UPFA Ouro	3 bc	8,92	2,12
BRS Madrugada	6 abc	13,26	2,58
Embrapa 29 Garoa	6 abc	10,37	2,37
Embrapa 139 Neblina	7 abc	13,89	2,91
Agro Planalto	7 abc	12,42	2,52
Agro Zebu	9 ab	14,05	2,87
BRS Centauro	11 a	15,14	3,21

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). ns: não significativo ( $p > 0,05$ ).

A classificação das cultivares foi avaliada pela escala de Goulart *et al.* (1991), que tem como critério a percentagem de severidade. A determinação de escalas de resistência constitui um parâmetro importante e diferencial quando comparado com a simples indicação de presença/ausência da doença (Arruda *et al.*, 2005). Neste estudo, nenhuma cultivar se comportou como resistente, mas *A. sativa* 'URS Taura', 'UPFA Ouro', 'IPR Afrodite' e *A.*

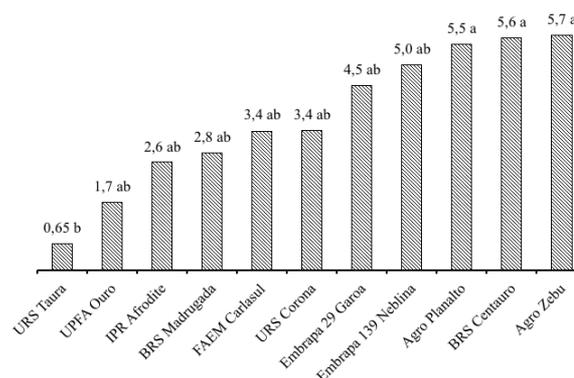
*brevis* 'BRS Madrugada' apresentaram os menores valores de severidade e foram classificadas como moderadamente resistentes. Por outro lado, *A. sativa* 'URS Corona' e 'FAEM Carlasul', *A. brevis* 'BRS Centauro' e *A. strigosa* 'Embrapa 139 Neblina', 'Agro Planalto' e 'Agro Zebu' foram classificadas como moderadamente suscetíveis.



**Figura 2** - Classificação de cultivares de *Avena* spp. à inoculação com *Pyricularia oryzae* com base na severidade dos sintomas apresentados nas folhas. MR= moderadamente resistente; MS= moderadamente suscetível.

Marangoni *et al.* (2013) classificaram a cv. IPR Afrodite como moderadamente suscetível à brusone e a cv. URS Taura como suscetível. Neste trabalho, porém, esta última comportou-se como moderadamente resistente. A divergência entre estes estudos pode ser devido ao uso de diferentes isolados do fungo, uma vez que existe alta variabilidade de isolados que compõem a população do patógeno (Urashima *et al.*, 1999). Geralmente, em genótipos moderadamente resistentes, a doença manifesta-se mais tarde e/ou desenvolve-se mais lentamente, resultando em baixos valores da área de avanço da curva de progressão da doença (AACPD). Nesta pesquisa, *A. sativa* 'URS Taura' apresentou o menor valor para essa variável (Figura 3), diferindo de *A. strigosa* 'Agro Planalto' e 'Agro Zebu' e de *A. brevis* 'BRS Centauro', que foram consideradas moderadamente suscetíveis e apresentaram os maiores valores de AACPD. Esta variável integra, numa equação, as avaliações das componentes de resistência no tempo e auxilia na diferenciação de genótipos (Chaves *et al.*, 2004).

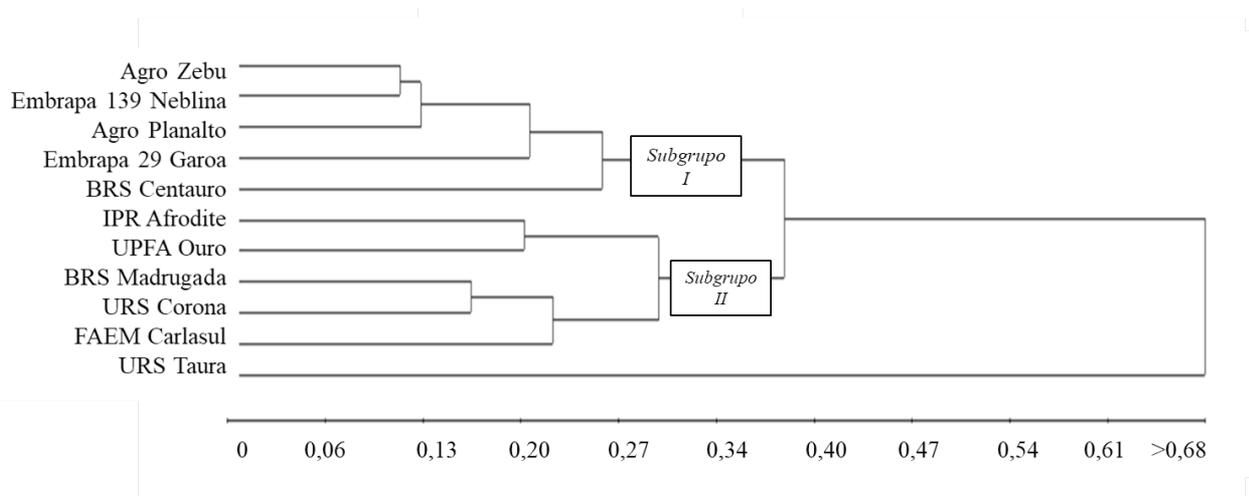
Com a aplicação da análise multivariada, mediante a obtenção da matriz de distância euclidiana média (D) (dados não mostrados), verificou-se que as cultivares mais dissimilares (D= 0,98) foram *A.*



**Figura 3** - Área abaixo da curva de progresso da doença em cultivares de *Avena* spp. em resposta à inoculação com *Pyricularia oryzae*. Valores seguidos de mesma letra, sobre as colunas, não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

*sativa* 'URS Taura' e *A. brevis* 'BRS Centauro'. Já, as cultivares mais similares (D= 0,12) foram *A. strigosa* 'Agro Zebu' e *A. strigosa* 'Embrapa 139 Neblina'. As relações entre as cultivares foram ilustradas por meio de um dendrograma (Figura 4), no qual se observa que *A. sativa* 'URS Taura' permaneceu isolada das demais cultivares, já que mostrou os menores valores para número de lesões (2/folha), comprimento (5,42 mm) e largura (1,25 mm) de lesões, AACPD (0,65) e severidade de sintomas nas folhas (6%) (Quadro 2, Figuras 2 e 3). As demais cultivares formaram um único grupo, que resultou da reunião de dois subgrupos. No subgrupo I encontram-se todas as cultivares de *A. strigosa* (Embrapa 29 Garoa, Embrapa 139 Neblina, Agro Planalto e Agro Zebu) e uma cultivar de *A. brevis* (BRS Centauro). Este subgrupo caracteriza-se por reunir as cultivares que mostraram a pior resposta à inoculação com o patógeno, com média de 8 lesões/folha, lesões com 13,1 mm x 2,8 mm, 5,3 de AACPD e 46% de severidade. No subgrupo II, formado por *A. brevis* 'BRS Madrugada' e por quatro cultivares de *A. sativa* (IPR Afrodite, UPFA Ouro, URS Corona e FAEM Carlasul) estão representados os genótipos que mostraram resposta intermediária entre o subgrupo I e *A. sativa* 'URS Taura', com média de 6 lesões/folha, lesões com 11 mm x 2,5 mm, 2,8 de AACPD e 27% de severidade.

A semelhança entre as cultivares de *A. strigosa* é atribuída aos baixos níveis de variação na espécie, já que a maioria dos programas de melhoramento de aveia-preta no Brasil têm realizado seleções



**Figura 4** - Dendrograma de dissimilaridade genérica entre 11 cultivares de *Avena* spp. obtido pelo método UPGMA, com base na matriz de distância euclidiana média com número, comprimento e largura das lesões, percentagem de severidade e área abaixo da curva de progresso da doença (*Pyricularia oryzae*). No eixo x encontram-se as distâncias genéticas relativas e no eixo y a descrição das cultivares. Ponto de corte: 0,47.

dentro da população 'Comum' (Silveira *et al.*, 2010), e à base genética estreita da espécie (Boczkowska *et al.*, 2014). Com a ressalva do número limitado de cultivares de aveia-preta aqui testadas, a elevada suscetibilidade verificada neste estudo à *P. oryzae* é preocupante uma vez que *A. strigosa* é a espécie mais usada como cobertura do solo e produção de palhada na Região Sul do Brasil. Os resultados convergem, ainda, com os dados apresentados por Danelli *et al.* (2017), que mostraram severidade de brusone acima de 40% em plântulas de aveia-preta.

O uso de cultivares de *Avena* spp. suscetíveis à brusone limita a opção de rotação de culturas de inverno e acrescenta inóculo de *P. oryzae* na atmosfera, o que complica ainda mais as estratégias de gestão da doença (Marangoni *et al.*, 2013). Portanto, o conhecimento do germoplasma de *Avena* spp. disponível no país é uma estratégia efetiva na busca de combinações genéticas que visem o controle da doença por meio da construção de cultivares resistentes à brusone (Cruz *et al.*, 2010).

## CONCLUSÃO

Há variabilidade em *Avena* L. quanto à reação à brusone, mas nenhum genótipo avaliado neste estudo exibiu elevado nível de resistência à doença. No entanto, há cultivares com resistência moderada à doença, de acordo com a severidade de sintomas foliares: *A. sativa* 'URS Taura' (6%), 'UPFA Ouro' (14%) e 'IPR Afrodite' (24%) e *A. brevis* 'BRS Madrugada' (24%). Estas cultivares poderiam ser opções a considerar nos programas de melhoramento de *Avena* spp.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), pela concessão da bolsa de estudos da primeira autora, mediante o Edital Capes-Embrapa N° 15/2014.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, L.G. & Prabhu, A.S. (2004) – Resistência parcial à brusone em somaclones da cultivar de arroz CICA-8. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 29, n. 4, p. 394-398.
- Arruda, M.A.; Bueno, C.R.N.C.; Zamprogno, K.C.; Lavorenti, N.A. & Urashima, A.S. (2005) – Reação do trigo à *Magnaporthe grisea* nos diferentes estádios de desenvolvimento. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 30, n. 2, p. 121-126. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582005000200003>
- Bergamin Filho, A. & Amorim, L. (1996) – *Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 299 p.
- Boczkowska, M.; Nowosielski, J.; Nowosielska, D. & Podyma, W. (2014) – Assessing genetic diversity in 23 early Polish oat cultivars based on molecular and morphological studies. *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 61, n. 5, p. 927-941. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0087-4>
- Cardoso, C.A. de A.; Reis, E.M. & Moreira, E.N. (2008) – Development of a warning system for wheat blast caused by *Pyricularia grisea*. *Summa Phytopathologica*, vol. 34, n. 3, p. 216-221. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052008000300002>
- Castroagudín, V.L.; Moreira, S.I.; Pereira, D.A.S.; Moreira, S.S.; Brunner, P.C.; Maciel, J.L.N.; Crous, P.W.; McDonald, B.A.; Alves, E. & Ceresini, P.C. (2016) – *Pyricularia graminis-tritici*, a new *Pyricularia* species causing wheat blast. *Persoonia*, vol. 37, p. 199-216. <http://dx.doi.org/10.3767/003158516X692149>
- Chaves, M.S.; Martinelli, J.A. & Federizzi, L.C. (2004) – Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: caracterização da reação em condições de campo. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 29, n. 1, p. 35-42. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582004000100007>
- Chavez, A. & Kohli, M. (2015) – Hospederos alternativos de *Magnaporthe grisea* del trigo Paraguay. *Investigación Agraria*, vol. 17, n. 1, p. 54-59.
- Côrtes, M.V. de C.B.; Duarte, L.T.; Filippi, M.C.C. de; Lôbo, V.L. da S.; Prabhu, A.S.; Gonçalves, F.J.; Freitas, B.R. de; Guimarães, L.A.F. & Wendland, A. (2010) – *A coleção de isolados de Magnaporthe oryzae da Embrapa Arroz e Feijão: uma micoteca para uso na pesquisa com brusone*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. (Documentos, 259).
- Cruz, M.F.; Maciel, J.L.N.; Prestes, A.M.; Bombonato, E.A.S.; Pereira, J.F. & Consoli, L. (2009) – Caracterização genética e fenotípica de isolados de *Pyricularia grisea* do trigo. *Tropical Plant Pathology*, vol. 34, n. 6, p. 393-401. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762009000600005>
- Cruz, M.F.; Prestes, A.M.; Maciel, J.L.N. & Scheeren, P.L. (2010) – Resistência parcial à brusone de genótipos de trigo comum e sintético nos estádios de planta jovem e de planta adulta. *Tropical Plant Pathology*, vol. 35, n. 1, p. 24-31. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762010000100004>
- Cruz, C.D. (2013) – Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, vol. 35, n. 3, p. 271-276. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- Danelli, A.L.D.; Maciel, J.L.N.; Boaretto, C.; Cruz, C.; Castro, R.L. de & Forcelini, C.A. (2017) – Relationship between blast severity on seedlings and panicles of Brazilian oat cultivars. *Ciência Rural*, vol. 47, n. 12, e20160922. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160922>
- Goulart, A.C.P.; Paiva, F.A. & Colman, O.P. (1991) – *Reação de cultivares de trigo (Triticum aestivum L.) à brusone (Pyricularia oryzae Cav.) em condições de campo*. Embrapa: UEPAE. (Documentos, 47).
- Kohli, M.M.; Mehta, Y.R.; Guzman, E.; De Viedma, L. & Cubilla, L.E. (2011) – *Pyricularia* blast – a threat to wheat cultivation. *Czech Journal of Genetics and Plant-Breeding*, vol. 47, p. 130-134.
- Marangoni, M.S.; Nunes, M.P.; Fonseca Jr., N. & Mehta, Y.R. (2013) – *Pyricularia* blast on white oats – a new threat to wheat cultivation. *Tropical Plant Pathology*, vol. 38, n. 3, p. 198-202. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762013005000004>
- Menegon, A.P.; Forcelini, C.A. & Fernandes, J.M.C. (2005) – Expansão de lesão da mancha-reticular da cevada e sua interação com o tratamento de sementes. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 30, n. 2, p. 139-142.
- Mojena, R. (1977) – Hierarchical grouping method and stopping rules: an evaluation. *Computer Journal*, vol. 20, n. 4, p. 359-363. <https://doi.org/10.1093/comjnl/20.4.359>
- Notteghem, J.L. (1981) – Cooperative experiment on horizontal resistance to rice blast. In: Notteghem, J.L. (Ed.) – *Blast and upland rice: report and recommendations from the meeting for international collaboration in upland rice improvement*. Los Baños: International Rice Research Institute, p. 43-51.

- Nunes, M.P.; Oliveira, J.C. & Mehta, Y.R. (2006) – Identificação de fontes de resistência a *Pyricularia grisea* em aveia. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 31, p. 254-255.
- Oh, H.S.; Tosa, Y.; Takabayashi, N.; Nakagawa, S.; Tomita, R.; Don, L.D.; Kusaba, M.; Nakayashiki, H. & Mayama, S. (2002) – Characterization of an *Avena* isolate of *Magnaporthe grisea* and identification of a locus conditioning its specificity on oat. *Canadian Journal of Botany*, vol. 80, n. 10, p. 1088-1095. <https://doi.org/10.1139/b02-101>
- Reis, E.M. & Forcelini, C.A. (1995) – Controle cultural. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H. & Amorim, L. (Eds.) – *Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos*. São Paulo: Ceres, p. 710-716.
- Rocha, J.R. do A.S. de C.; Pimentel, A.J.B.; Ribeiro, G. & Souza, M.A. (2014) – Eficiência de fungicidas no controle da brusone em trigo. *Summa Phytopathologica*, vol. 40, n. 4, p. 347-352. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-5405/1937>
- Silveira, G. da; Moliterno, E.; Ribeiro, G.; Carvalho, F.I.F. de; Oliveira, A.C. de; Nornberg, R.; Baretta, D. & Mezzalira, I. (2010) – Variabilidade genética para características agrônômicas superiores em cruzamentos biparentais de aveia preta. *Bragantia*, vol. 69, p. 823-832.
- Urashima, A.S.; Hashimoto, Y.; Don, L.D.; Kusaba, M.; Tosa, Y.; Nakayashiki, H. & Mayama, S. (1999) – Molecular analysis of the wheat blast population in Brazil with a homolog of retrotransposon MGR583. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, vol. 65, n. 4, p. 429-436. <http://dx.doi.org/10.3186/jjphytopath.65.429>
- Urashima, A.S.; Lavorent, N.A.; Goulart, A.C.P. & Metha, Y.R. (2004) – Resistance spectra of wheat cultivars and virulence diversity of *Magnaporthe grisea* isolates in Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 29, n. 5, p. 511-518. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582004000500007>
- Urashima, A.S. & Silva, O.S. (2011) – Characterization of *Magnaporthe grisea* (*Pyricularia grisea*) from black oat in Brazil. *Journal of Phytopathology*, vol. 159, n. 11-12, p. 789-795. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2011.01844.x>
- Valent, B. (2004) – Plant disease: underground life for rice foe. *Nature*, vol. 431, p. 516-517.