

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**VARIABILIDADE, HERDABILIDADE E REGIÕES GENÔMICAS ASSOCIADAS
À EXPRESSÃO DA RESISTÊNCIA PARCIAL À FERRUGEM DA FOLHA EM
AVEIA (*Avena sativa* L.) AVALIADA EM PARCELAS**

Luís Marcelo Tisian
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada com um dos
requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Fitotecnia
Área de Concentração Plantas de Lavoura

Porto Alegre, RS, Brasil
Maio de 2005

AGRADECIMENTOS

À orientadora Sandra Cristina Kothe Milach pela amizade e dedicação.

Ao co-orientador Luiz Carlos Federizzi pela inestimável ajuda na organização e condução dos experimentos e pelo exemplo de dedicação profissional.

Ao Professor José Antônio Martinelli, pela orientação prestada quando iniciei as avaliações da moléstia.

À Dra. Marta Martins Barbosa por compartilhar e ceder arquivos e informações.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Plantas de Lavoura e da Estação Experimental Agronômica, pela convivência e auxílio prestado.

Aos colegas do Mestrado e do Laboratório de Biotecnologia Cláudio Vidal, Emerson Limberger, Itamar Nava, Paulo Roberto da Silva e Tatiana Boff pelo companheirismo e amizade.

Ao CNPq pela concessão fundamental da bolsa de estudos.

Aos amigos André A. da Fonseca e Lisiane R. Schutz pelos momentos alegres e descontraídos.

Aos meus pais, Luiz e Terezinha Tisian, que me apoiaram incondicionalmente nesta longa e difícil jornada.

VARIABILIDADE, HERDABILIDADE E REGIÕES GENÔMICAS ASSOCIADAS À EXPRESSÃO DA RESISTÊNCIA PARCIAL À FERRUGEM DA FOLHA EM AVEIA (*Avena sativa* L.) AVALIADA EM PARCELAS¹

Autor: Luís Marcelo Tisian

Orientador: Sandra Cristina Kothe Milach

Co-orientador: Luiz Carlos Federizzi

RESUMO

As condições ambientais do subtropical brasileiro favorecem o desenvolvimento da ferrugem da folha da aveia de maneira que a severidade torna-se alta e extremamente danosa. O desenvolvimento de variedades com resistência parcial (RP), tem sido sugerido como uma estratégia para tornar a efetividade da resistência à ferrugem da folha mais durável. Este trabalho teve por objetivos determinar a variabilidade, quantificar a herdabilidade e identificar as regiões genômicas (QTLs) associadas à expressão da RP, em linhagens do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS910906, avaliadas na média de parcelas. Oitenta e três linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ e os genitores UFRGS 7 (susceptibilidade) e UFRGS 910906 (parcialmente resistente) foram avaliados, em 2002 e 2003, quanto à severidade da ferrugem da folha da aveia no decorrer do ciclo da cultura, em parcelas experimentais. A partir desses dados, foi calculada a área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), a severidade máxima (SM) e o tempo em dias para atingir 12,5% da SM (T12,5). O rendimento de grãos (REND) e o peso de hectolitro (PH) das linhagens com RP foram comparados nos tratamentos com e sem fungicida. Uma análise por intervalo simples foi utilizada para identificar em mapa molecular F_6 , anteriormente desenvolvido, QTLs associados à ASCPD, SM e T12,5. A população de UFRGS 7 X UFRGS 910906 apresentou variabilidade para os parâmetros da RP, com as linhas 211, 238, 241, 243 e 245 apresentando os menores valores de ASCPD, SM e T12,5, nos dois anos. As estimativas de herdabilidade de ASCPD (0,87), SM (0,86), T12,5 (0,76), REND (0,99) e PH (0,64) foram altas. Seis QTLs foram identificados para as características ASCPD, SM e T12,5, avaliadas com base em parcelas experimentais, nos dois anos de estudo. Os resultados permitem concluir que a avaliação em parcelas da RP à ferrugem da folha de UFRGS 910906 é efetiva na distinção de genótipos resistentes. O nível de RP conferido por UFRGS 910906 não fornece proteção suficiente para manter o rendimento e qualidade de grãos, na presença de alta severidade da moléstia. A RP de UFRGS 910906 apresenta um QTL identificado pelo marcador AFLP *PaaMtt340* com consistência de expressão em diferentes ambientes, capaz de ser detectado na avaliação de parcelas experimentais e com potencial para ser explorado através do uso de seleção assistida por marcadores moleculares em programas de melhoramento de aveia.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (88 p.) Maio, 2005.

VARIABILITY, HERITABILITY AND GENOMIC REGIONS FOR THE EXPRESSION OF PARTIAL RESISTANCE TO OAT CROWN RUST EVALUATED ON THE PLOT BASIS¹

Author: Luís Marcelo Tisian
Adviser: Sandra Cristina Kothe Milach
Co-adviser: Luiz Carlos Federizzi

ABSTRACT

Environmental conditions of the Brazilian subtropical area are good for the development of oat crown rust and favor the variability of *Puccinia coronata* races; thus severity becomes high and extremely harmful. The development of oat varieties with partial resistance (PR) has been suggested as a strategy to make the resistance to this disease more durable. The objectives of this study were to determine the variability, to estimate the heritability and to identify genomic regions associated to the expression of oat crown rust PR from UFRGS 910906 evaluated on the plot basis. Eighty-three F_{6:7} and F_{6:8} recombinant inbred lines (RIL), and the parental genotypes UFRGS 7 (susceptible) and UFRG 910906 (partial resistance) were evaluated in 2002 and 2003 for the severity of oat crown rust during the crop life cycle, in experimental plots. The area under the disease progress curve (AUDPC), maximum severity (MS) and days to reach 12.5% of the maximum severity (T12.5) were calculated. Yield and test weight of PR lines were compared between plots treated and untreated with fungicide. Simple interval mapping analysis was carried out using a F₆ map, previously developed, to identify QTLs for AUDPC, MS and T12.5. The UFRGS 7 X UFRGS 910906 population showed variability for PR and lines 211, 238, 241, 243 and 245 had the lowest ASCPD, SM and T12.5 scores, in two years of evaluation. Heritability estimates of ASCPD (0.87), SM (0.86), T12.5 (0.76), REND (0.99) and PH (0.64) were high. Six QTLs were identified for AUDPC, MS and T12.5 evaluated at the plot basis in two years. The results lead to the conclusion that PR to crown rust from UFRGS 910906 evaluated at the plot basis is effective in distinguishing resistant genotypes. The level of resistance from UFRGS 910906 does not allow that significant yield and grain quality losses are avoided at high severity disease conditions. Partial resistant to oat crown rust from UFRGS 910906 presents a genomic region identified by the AFLP marker PaaMtt340 with consistency of expression in different environments, that can be detected at the plot level evaluation and which holds potential for marker assisted selection in oat breeding programs.

¹ Master Science in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (88 p.) May, 2005.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. A cultura da aveia	5
2.2. O patógeno <i>Puccinia coronata</i> f. sp. <i>avenae</i>	7
2.3. Os prejuízos da ferrugem da folha	9
2.4. Melhoramento para resistência à ferrugem da folha	10
2.5. Mapeamento molecular	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Material vegetal	18
3.2. Experimentos a campo e delineamento experimental	19
3.3. Avaliação da resistência parcial	20
3.3.1. Determinação da área sob a curva do progresso da doença	20
3.3.2. Severidade máxima	22
3.3.3. Dias para atingir 12,5% da severidade máxima.....	22
3.4. Avaliação de outros caracteres de interesse agrônomo	23
3.4.1. Rendimento de grãos.....	23
3.4.2. Peso do hectolitro	23
3.4.3. Dias até o florescimento	23
3.4.4. Estatura de planta.....	24
3.5. Análise estatística.....	24
3.6. Análise genética e molecular.....	25
3.6.1. Análise de correlação	25
3.6.2. Distribuição de frequências.....	26
3.6.3. Herdabilidade.....	26
3.6.4. Análise de QTLs	27
4. RESULTADOS	28
4.1. Resistência parcial	28
4.2. Rendimento e qualidade de grãos.....	38
4.3. Correlações	48
4.4. Distribuição de frequências	50
4.5. Herdabilidade	54
4.6. Identificação de QTLs.....	58
5. DISCUSSÃO	65
6. CONCLUSÕES	75
7. BIBLIOGRAFIA	77
8. APÊNDICES	88

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Genealogia dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906.	19
2. Análise de variância conjunta da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5).....	28
3. Análise de variância por ano da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5).....	29
4. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5), em 2002.....	30
5. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5), em 2003.....	34
6. Análise de variância conjunta dos caracteres rendimento de grãos (REND) e peso de hectolitro (PH).	41
7. Análise de variância, por ano, dos caracteres de interesse agrônomo rendimento de grãos (REND) e peso do hectolitro (PH).....	41
8. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para rendimento de grãos (REND) e peso do hectolitro (PH), dos tratamentos com e sem fungicida, em 2002.....	42
9. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para rendimento de grãos (REND) e peso do hectolitro (PH), dos tratamentos com e sem fungicida, em 2003.....	44
10. Comparação das médias de rendimento (REND) dos tratamentos com fungicida (COM F) e sem fungicida (SEM F) do genitor UFRGS 910906 e linhagens 211, 238, 241, 243, 245 e 249, em 2002 e 2003.	47
11. Comparação das médias do peso do hectolitro (PH) dos tratamentos com fungicida (COM F) e sem fungicida (SEM F) do genitor UFRGS 910906 e linhagens 211, 238, 241, 243, 245 e 249, em 2002 e 2003.....	49

12. Correlações fenotípicas (r_{FE}), genotípicas (r_{GE}) e ambientais (r_A) das médias das linhagens entre resistência parcial e caracteres de interesse agrônômico avaliados nas parcelas não tratadas com fungicida, na EEA/UFRGS, em 2002.....	51
13. Correlações fenotípicas (r_{FE}), genotípicas (r_{GE}) e ambientais (r_A) das médias das linhas entre resistência parcial e caracteres de interesse agrônômico avaliados nas parcelas não tratadas com fungicida, na EEA/UFRGS, em 2003.....	52
14. Herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) da ASCPD, SM, T12,5, REND e PH estimada, segundo Vencovsky & Barriga (1992).....	58
15. QTLs (<i>Quantitative Trait Loci</i>) identificados com linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ de UFRGS7 x UFRGS 910906 para resistência parcial à ferrugem da folha em aveia avaliada através da área sob o progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e tempo em dias para atingir 12,5% da SM (T12,5) em 2002 e 2003, na EEA/UFRGS, em parcelas experimentais.....	64

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

1. Médias gerais da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.....31
2. Médias gerais da severidade máxima (SM) das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.....32
3. Curvas do progresso da severidade dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906, da média geral das linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ e das linhagens com melhor e pior desempenho. EEA/UFRGS, 2002 e 2003.35
4. Curvas do progresso da severidade das linhagens 256 e 258 (2002), 282 e 283 (2003), dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 e as estimativas de T12,5.36
5. Médias gerais do tempo em dias para se atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5) das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.37
6. Área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) para UFRGS 7 e UFRGS 910906 em avaliações com base em plantas individuais (Thomé, 1999 e Barbosa, 2002) e parcelas (Chaves, 2001), no decorrer de seis anos, na EEA/UFRGS. UFRGS, 2004.39
7. Área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) de UFRGS 7, UFRGS 910906, das linhagens 258 e 241 (maior e menor ASCPD, 2002) e 204 e 238 (maior e menor ASCPD, 2003), avaliadas em parcela, na EEA/UFRGS. UFRGS, 2004.....39
8. Severidade máxima dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 e média geral, após sete anos de avaliação na EEA/UFRGS, em Eldorado do Sul (RS). FONTE: Dados de 1995 a 1996 de Thomé (1999) e dados de 1998 a 2000 de Barbosa (2002).40

9. Médias gerais do rendimento de grãos com e sem fungicida das populações F _{6:7} (2002) e F _{6:8} (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.....	45
10. Médias gerais do peso do hectolitro com e sem fungicida das populações F _{6:7} (2002) e F _{6:8} (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.....	46
11. Distribuições de freqüências da população de linhagens F _{6:7} e F _{6:8} de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para área sob a curva do progresso da doença (ASCPD). Eldorado do Sul (RS), 2002 e 2003. As setas indicam as médias gerais da ASCPD de 2002 (307) e de 2003 (432).....	55
12. Distribuições de freqüências da população de linhagens F _{6:7} e F _{6:8} de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para severidade máxima (SM). Eldorado do Sul (RS), 2002 e 2003. As setas indicam as médias gerais da SM de 2002 (42) e de 2003 (52).....	56
13. Distribuições de freqüências da população de linhagens F _{6:7} e F _{6:8} de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para T _{12,5} . Eldorado do Sul (RS), 2002 e 2003. As setas indicam as médias gerais da T _{12,5} de 2002 (14) e de 2003 (33).....	57
14. Distribuições de freqüências da população de linhagens F _{6:7} de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para rendimento de grãos com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2002. As setas indicam as médias gerais do REND de 2002 com (3094) e sem (1113) fungicida.....	59
15. Distribuições de freqüências da população de linhagens F _{6:8} de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para rendimento de grãos com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2003. As setas indicam as médias gerais do REND de 2003 com (5538) e sem (2500) fungicida.....	60
16. Distribuições de freqüências da população de linhagens F _{6:7} de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para peso do hectolitro com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2002. As setas indicam as médias gerais do PH de 2002 com (47) e sem (26) fungicida.....	61

17. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:8}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para peso do hectolitro com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2003. As setas indicam as médias gerais do PH de 2003 com (48) e sem (37) fungicida.62

1. INTRODUÇÃO

Estudos têm mostrado que a aveia, quando consumida com regularidade, possui características que promovem a saúde e o bem-estar humano. Também tem se mostrado uma excelente alternativa na rotação de culturas com outras espécies de estação fria como o trigo e a cevada, podendo auxiliar na recuperação e conservação do solo.

Variedades de aveia com boa adaptação às condições subtropicais, elevado potencial de rendimento e boa qualidade de grãos têm sido desenvolvidas pelos programas de melhoramento e impulsionado o cultivo e a importância da cultura, na região Sul do Brasil. Estes fatores têm expandido a área cultivada da aveia e aumentado a fonte de inóculo da principal moléstia da cultura, a ferrugem da folha. Esta moléstia pode afetar o rendimento e a qualidade de grãos da aveia, causando grandes prejuízos à produtividade final. O controle químico tem se mostrado muito eficiente, porém, eleva os custos de produção, pois quando as condições são favoráveis ao desenvolvimento do fungo é comum a realização de três ou mais aplicações de fungicida para controlar a ferrugem da folha.

A resistência genética, portanto, é uma alternativa que o melhorista de aveia deve buscar incorporar nas variedades para que o agricultor produza com baixo custo e menor risco ambiental.

Até o momento, o tipo de resistência mais utilizado nos cereais é aquele conferido por genes de grande efeito no fenótipo. Sua durabilidade, porém, tem se mostrado efêmera, em função da alta pressão de seleção exercida sobre o patógeno. A resistência conferida por genes de pequeno efeito, ou resistência parcial, é uma alternativa para o melhorista prolongar a vida útil das variedades, pois a pressão de seleção sobre o patógeno é menor, uma vez que permite a reprodução do fungo. Alguns estudos têm mostrado que a herança da resistência parcial à ferrugem da folha é complexa e a sua expressão altamente influenciada pelo ambiente. Portanto, a obtenção de variedades de aveia com resistência parcial, nas condições subtropicais da região Sul do Brasil, onde o ambiente é altamente propício à ferrugem da folha, necessita de estudos que forneçam informações a respeito dos fatores genéticos e ambientais envolvidos na expressão da resistência parcial.

O programa de melhoramento de aveia desenvolvido pela Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) seleciona genótipos e efetua cruzamentos para obter variedades de aveia com resistência parcial à ferrugem da folha, desde 1993. O desenvolvimento de populações segregantes tem gerado informações importantes e auxiliado no esclarecimento das interações hospedeiro x patógeno x ambiente. Até o momento as análises genéticas do patossistema aveia-ferrugem da folha têm sido baseadas em avaliações da folha bandeira, com base em todas as folhas de plantas individuais ou na média de plantas inteiras dentro de famílias. A realização de experimentos com parcelas, portanto, permite que os estudos genéticos da resistência parcial sejam conduzidos em situação semelhante àquela do melhorista quando realiza avaliação e seleção a campo.

Da mesma forma que as novas metodologias de avaliação do fenótipo auxiliam no avanço científico do melhoramento da aveia, a construção de mapas moleculares e a identificação de marcadores associados à resistência parcial são importantes ferramentas que podem auxiliar no entendimento da complexidade genética do patossistema aveia-ferrugem da folha. O mapeamento molecular tornou possível a realização de uma ampla análise do genoma da aveia, identificando e localizando regiões associadas às características de interesse agrônomo, como a resistência às moléstias. O uso destas informações pode auxiliar os programas de melhoramento de aveia na seleção de genótipos com resistência parcial à ferrugem da folha, assistida por marcadores moleculares, sem a influência das variações inerentes às interações aveia x ferrugem x ambiente.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivos:

- 1) Determinar se existe variabilidade para resistência parcial à ferrugem da folha e para outros caracteres de interesse agrônomo, nas linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ do cruzamento UFRGS 7 X UFRGS 910906, avaliadas na média de parcelas experimentais;
- 2) Avaliar se o nível de resistência parcial presente no genitor UFRGS 910906 e nas linhagens mais resistentes permite a expressão do potencial de rendimento e da qualidade de grãos;
- 3) Identificar se existe correlação entre a resistência parcial e outros caracteres de interesse agrônomo nas linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ da população de UFRGS 7 X UFRGS 910906;
- 4) Estimar a herdabilidade dos parâmetros da resistência parcial nas linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$, com base na avaliação de parcelas;

5) Identificar regiões genômicas (QTLs) associadas à expressão da resistência parcial em linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ de aveia, avaliadas para severidade da ferrugem da folha, na média de parcelas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura da aveia

A aveia (*Avena sativa* L.) é uma espécie autógama e alopoliplóide, provavelmente, originada dos centros de origem Oriente Próximo e Mediterrâneo (Damania, 1998). Apresenta um número básico de cromossomos $n=3x=21$, distribuídos nos genomas A, C e D, o que torna possível adaptar-se aos mais diferentes tipos de solo e clima.

Pelas características nutricionais que apresenta, pode ser utilizada na alimentação humana e animal, além de ser uma excelente alternativa como opção de cultura de inverno na rotação com o trigo (Santos & Tomm, 1999), uso como planta forrageira (Bruning et al., 2004) e como massa seca para o sistema de plantio direto com as principais culturas de verão (Carvalho et al., 1987).

A aveia se destaca entre os cereais pelas suas propriedades nutricionais, principalmente, pelos 15% a 18% de proteína presente no grão (Milach et al., 2000; Lemons e Silva, 2003). Estudos têm mostrado que o uso constante de aveia na dieta alimentar possibilita uma redução no nível de colesterol no sangue (Garcia et al., 2002), auxilia na digestão (Ali et al., 1986), diminui a incidência de doenças do coração (Liu et al., 1982) e de câncer de colo (Reddy, 1986), devido à alta concentração de fibras solúveis que possui, principalmente de β -glucanas (Helm et al., 2002; Perdoná et al., 2003). Trabalhos

mais recentes têm mostrado que a aveia pode ser uma alternativa para os portadores da doença celíaca (Storsrud, 2003)

A maior parte da área cultivada de aveia está localizada nos países do hemisfério Norte, ficando o hemisfério Sul responsável por 3% da produção mundial (Weaver, 1997). Mesmo com a diminuição da produção observada na Rússia, EUA, Alemanha e Argentina devido, principalmente, aos prejuízos causados pela ferrugem da folha e os altos custos para controlá-la, países como Brasil e Chile têm apresentado aumento na produção, passando o primeiro de 210.000 t para 310.000 t e o segundo de 143.000 para 200.000 t, no período 1987/1997 (Weaver, 1997). Segundo de Francisco (2002), a produção brasileira de aveia, em 2001, foi de 225.000 t. Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2005), informam que a produção brasileira de aveia na safra 2002/2003 chegou a 359.000 t.

Segundo Federizzi & Stuthman (1998), a redução nos estoques mundiais e o aumento pela procura de alimentos que promovem a saúde e o bem-estar oferecem excelentes possibilidades de comercializar aveia brasileira no mercado internacional.

Apesar dos programas de melhoramento de aveia da região Sul do Brasil terem lançado inúmeras variedades com alto potencial de rendimento, boa qualidade de grãos, boa estatura e ciclo precoce (Carvalho & Federizzi, 1989; Barbosa Neto et al., 2000), a busca por variedades que apresentem resistência parcial à ferrugem da folha deve ser considerada como prioridade, pois as condições regionais são altamente favoráveis ao patógeno e sua ação destrutiva tende a limitar a expressão máxima do rendimento da cultura.

2.2.O patógeno *Puccinia coronata* f. sp. *avenae*

A ferrugem da folha da aveia é causada por um fungo basidiomiceto, que se caracteriza pelo parasitismo obrigatório, por apresentar uma alta especialização fisiológica, ser biotrófico e policíclico. O fungo é capaz de atacar várias espécies entre as gramíneas, sendo a forma especial da aveia denominada *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* (Fraser & Ledingham), composta por inúmeras raças que promovem nas plantas reações desde alta resistência até suscetibilidade completa (Coffman, 1961). O fungo coloniza, intercelularmente, os tecidos vegetais e retira os nutrientes das células através dos haustórios. Ocorre destruição da área foliar pelo surgimento das pústulas e, conseqüentemente, uma redução da área fotossintética. A fase sexual do fungo (estádio de aécio) tem sido observada nas áreas produtoras de aveia do hemisfério Norte, onde espécies de *Rhamnus cathartica* (hospedeiro alternativo) ocorrem próximas às lavouras (Dinoor et al. citados por Holland & Munkvold, 2001). Porém, espécies de *Rhamnus* são raros ou inexistentes na América do Sul, não existindo relatos de ocorrência da fase sexual nesta parte da América (Simons, 1985). Na região Sul do Brasil, o fungo ataca apenas um hospedeiro durante seus inúmeros ciclos de vida e não há registro da fase sexual (Martinelli et al., 1998).

Para o melhorista de aveia, a característica mais importante de *P. coronata* é a capacidade de gerar novas raças virulentas e assim superar a resistência das variedades (Chong & Seaman, 1994). A variabilidade para virulência pode ter origem na mutação ou na anastomose (Simons, 1985). A alta taxa de mutação, possivelmente, ocasionada pela coloração alaranjada dos esporos do fungo e, portanto, sujeitando-o a uma maior suscetibilidade aos raios ultravioletas, aumenta a capacidade do fungo superar a resistência genética do

hospedeiro, havendo relatos de um mutante a cada 2.000 esporos produzidos (Zimmer et al., 1963).

Segundo Martinelli et al. (1998), na amostragem realizada no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, em 1997, a análise de 53 amostras de esporos de ferrugem da folha diferenciou 53 raças, com uma média de 20 genes de virulência por raça, evidenciando a enorme variabilidade e complexidade de *P. coronata*, na região Sul do Brasil. Coletas realizadas em três municípios gaúchos, em 2003, revelaram a existência de um alto poder de virulência do fungo sobre os 26 genes de resistência testados (Carvalho et al., 2004). Estudo realizado na África do Sul, por van Niekerk et al. (2001), testando vários genes de resistência à ferrugem da folha, em variedades e espécies selvagens de aveia, mostrou que *P. coronata* apresentou alto grau de virulência.

As condições ambientais favoráveis do subtropical brasileiro estimulam o desenvolvimento da ferrugem da folha e favorecem a variabilidade de raças de *P. coronata*, de maneira que a severidade da moléstia torna-se alta e extremamente danosa. Esta situação varia de ano para ano em função do ambiente onde a aveia é cultivada, pois estudos de Barbosa (2002) e Savi et al. (2000) demonstram a ocorrência de forte interação genótipo x ano na expressão da resistência à ferrugem da folha, nas condições da região Sul do Brasil. Temperaturas amenas no inverno associadas com alta umidade do ar favorecem a disseminação da moléstia, pois um novo ciclo de vida pode ocorrer a cada sete dias. Segundo projeções de Federizzi & Stuthman (1998), $1,2 \times 10^{17}$ esporos seriam produzidos por ano se considerarmos uma área cultivada de 200.000 ha com um nível de severidade de 10%.

2.3. Os prejuízos da ferrugem da folha

Identificada há mais de 200 anos, a ferrugem da folha é a moléstia que pode trazer mais prejuízos à aveia (Simons, 1985; Ohm & Shaner, 1992). Esta situação tende a piorar nas regiões do mundo com maior umidade relativa do ar (Rooney et al., 1994), como é o caso da região Sul do Brasil, principalmente, durante o inverno subtropical onde a moléstia, geralmente, apresenta alta severidade (Martinelli et al., 1994; Cruz et al., 1999; Chaves et al., 2002).

Variedades suscetíveis à ferrugem da folha têm uma redução significativa no peso de panícula, número de grãos por panícula e estatura (Federizzi et al., 1995; Thomé, 1999), peso de mil grãos (Federizzi & Almeida, 1998; Cruz et al., 1999; Forcelini & Fabris, 2000) e peso de hectolitro (Forcelini et al., 1999; Chaves et al., 2002). Estudo realizado por Martinelli et al. (1994) mostra que a variedade UFRGS 7 apresentou redução de 50% no rendimento quando o nível de severidade foi de 90%. Outros estudos relatam reduções de 80% (Chaves et al., 2002), podendo chegar a 95% (Martinelli & Buss, 1999).

O uso de fungicida é uma forma eficiente de controlar a ferrugem da folha (Federizzi et al., 1993; Forcelini, 2002; Oliveira et al., 2004), porém, esta prática pode aumentar os custos de produção em função das doses utilizadas para um eficiente controle da moléstia (Braun et al., 2002). O controle químico também eleva os custos de produção, estimado em U\$ 30,00 por hectare por aplicação (Picinini & Fernandes, 1994), pois quando as condições são favoráveis ao desenvolvimento do fungo, não são raros os casos em que três ou mais aplicações de fungicida são necessárias para controlar a ferrugem da folha. Experimento realizado por Martinelli et al. (1994), necessitou de sete aplicações de Tebuconazole para manter a severidade em 0%. Além de aumentar os custos

de produção o uso de fungicida pode causar problemas ambientais e à saúde dos produtores rurais, quando o manuseio dos fungicidas é inadequado.

Neste contexto, o desenvolvimento de variedades resistentes à ferrugem da folha, pelos programas de melhoramento de aveia, é uma opção na qual o produtor rural reduz o número de aplicações de fungicidas, amenizando o impacto da atividade agrícola no ambiente e melhorando a renda líquida.

2.4. Melhoramento para resistência à ferrugem da folha

Van der Plank (1963) definiu os termos resistência vertical e resistência horizontal para caracterizar, geneticamente, as interações patógeno-hospedeiro. A resistência vertical, segundo o mesmo autor, é efetiva contra algumas raças do patógeno e age diminuindo a quantidade de inóculo inicial, mas provoca um aumento na frequência de raças virulentas, ao passo que a resistência horizontal atua contra todas as raças do patógeno e age diminuindo a taxa de progresso da moléstia, sem o inconveniente de aumentar a frequência de raças virulentas. Porém, Nelson (1978) propôs que os termos vertical e horizontal fossem usados apenas no sentido epidemiológico. Parlevliet (1979), entretanto, não considerou a mudança de termos uma boa solução, uma vez que o inóculo inicial e a taxa de progresso da moléstia não são independentes.

Desde então, a tentativa de descrever a resistência de plantas às moléstias fez surgir um grande número de termos, os quais foram resumidos por Parlevliet (1997). Segundo ele a resistência pode ser definida como a habilidade do hospedeiro em impedir o crescimento e desenvolvimento do patógeno e os termos utilizados para designar a resistência podem ser agrupados de acordo com: 1) sua expressão: completa, parcial, quantitativa, residual, de campo, de

plântula, de planta adulta e total; 2) sua herança: gene com efeito maior ou menor no fenótipo, poligênica; 3) sua especificidade: raça-específica, raça-não-específica e ampla; e 4) seu mecanismo de ação: hipersensibilidade, pré ou pós-haustorial.

Vários destes termos têm sido usados como sinônimos para designar um tipo de resistência, por exemplo, resistência qualitativa, raça-específica ou monogênica são usados para se referir à resistência vertical; e resistência raça-não-específica, incompleta, parcial, quantitativa e durável, para se referir à resistência horizontal (Ribeiro do Vale et al., 2001).

A maioria das variedades de aveia branca dispõe de resistência vertical (também designada de completa) com reação de hipersensibilidade, onde *P. coronata*, após se instalar no tecido foliar, provoca uma rápida reação nas células próximas do micélio, causando a morte do tecido no local da infecção. Desta forma, não ocorrem esporulações e o ciclo de vida do fungo é interrompido. Na América do Norte, este tipo de resistência controla com eficiência a ferrugem do colmo e da folha em aveia (Shaner, 1996).

Na região Sul do Brasil, porém, as condições ambientais muito favoráveis ao desenvolvimento do fungo, a grande variabilidade e a alta severidade da ferrugem da folha reduzem drasticamente a efetividade da resistência completa (Martinelli et al., 1994; Federizzi & Stuthman, 1998). Segundo Brière & Kushlappa (1995), a resistência completa aumenta a pressão de seleção sobre o patógeno, provocando o surgimento de novas raças virulentas. A consequência deste fato é a superação, pelo fungo, das restrições genéticas impostas pela planta. Este parece ser o fenômeno mais comum nas variedades de aveia da região Sul do Brasil, onde a efetividade da resistência

completa permanece por dois ou três anos, nas condições de cultivo. Situação parecida foi descrita por Barcellos et al. (1997), em relação às variedades de trigo Alondra, Tifton e CEP14. Na região Sul do Brasil, a rápida superação da resistência das variedades, pelo fungo, é atribuída a inúmeros fatores: a) alta taxa de mutação de *P. coronata*; b) presença de fonte de inóculo ao longo de todo ano nos países do Cone Sul (Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai); c) condições ambientais que estendem o período de infecção e esporulação, com aumento na produção de esporos (Federizzi & Stuthman, 1998); d) temperaturas amenas podem alterar a efetividade da resistência das variedades às moléstias (Pretorius, 1990; Bonnett et al, 2002). Genótipos de trigo com os genes de resistência à ferrugem da folha, *Lr17* e *Lr18*, mostraram-se sensíveis às mudanças de temperatura conforme relatou Barcellos (1994). Broers (1997), estudando 10 variedades de trigo, também encontrou interação entre resistência parcial à ferrugem amarela e temperatura. Variedades de azevém (*Lolium perenne*) também expressaram níveis diferenciados de resistência à *P. coronata* quando submetidas à diferentes temperaturas, segundo estudo de Roderick et al., (2000).

O desenvolvimento de variedades com resistência parcial (Thomé et al., 2001; Barbosa, 2002; Parlevliet, 2002), a piramidização de genes (Milach & Cruz, 1997) e a mistura de variedades (Ballico et al., 2002) têm sido sugeridos como estratégias para tornar a efetividade da resistência à ferrugem da folha mais durável. O cultivo de mistura de variedades enfrenta resistência dos produtores rurais pela heterogeneidade que a lavoura pode apresentar e a pouca efetividade que tem demonstrado no controle da ferrugem da folha, nas condições sul-brasileiras (Martinelli & Buss, 1999). O uso da piramidização fica limitado pela dificuldade para incorporar vários genes de resistência em um único genótipo

(Milach & Cruz, 1997). A resistência parcial tem se mostrado promissora em algumas espécies como aveia (Thomé et al., 2001; Leonard, 2002; Chaves, 2004a), arroz (Wang et al., 1994), cevada (Parlevliet & van Ommeren, 1975; Parlevliet, 1979; Parlevliet et al., 1985), milho (Lopes, 2003) e trigo (Wilcoxson, 1981; Shaner, 1983; Barcellos, 1994).

A resistência parcial é o resultado da interação de vários fatores como a capacidade de infecção do esporo, período de latência, tamanho de pústula, produção de esporos e período de infecção (Parlevliet, 1979; Brake & Irwin, 1992). A planta com resistência parcial permite a infecção pelo fungo, mas dispõe de mecanismos para interferir na reprodução do patógeno e, por consequência, causar uma redução substancial nos seus ciclos reprodutivos (Shaner & Hess, 1978). A eficiência de infecção, o período de latência, o período de infecção, a área afetada pela lesão e a área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) são parâmetros que permitem estimar resistência parcial (Brière & Kushalappa, 1995; Mellos et al., 1998; Ballico et al., 2002; Díaz-Lago et al., 2002; Chaves, 2004a,b). A técnica criada por Nathan Cobb, em 1892, onde a área afetada pela ferrugem da folha é estimada com o auxílio de uma escala diagramática ainda é muito utilizada pelos melhoristas para estimar a severidade das moléstias (Shaner, 1996) e fornecer dados para calcular a ASCPD (Jeger & Viljanen-Tollinson, 2001). Assim, a ASCPD tornou-se um parâmetro amplamente utilizado para auxiliar na identificação e caracterização de genótipos com resistência parcial à ferrugem da folha (Parlevliet et al., 1985; Mellos et al., 1998; Thomé, 1999; Holland & Munkvold, 2001; Barbosa, 2002; Díaz-Lago et al., 2002; Chaves et al., 2004a; Pacheco, 2004).

O melhoramento para resistência parcial é desafiador, pois trata-se de um caráter complexo, podendo a sua expressão fenotípica estar sob a influência de vários fatores, como demonstrou Pacheco (2004) ao trabalhar com a seleção para resistência parcial à ferrugem da folha em um programa de seleção recorrente. Estudos realizados na região Sul do Brasil, têm mostrado que a expressão da resistência parcial em aveia pode resultar da ação de poucos genes (Savi, 2001) ou poligenes com contribuição de efeitos de dominância e epistáticos (Thomé, 1999). Além do mais, as interações entre hospedeiro x patógeno x ambiente, têm forte influência na expressão fenotípica da resistência parcial (Barbosa et al., 2000; Savi, 2001; Barbosa, 2002; Chaves, 2004a).

O programa de melhoramento de aveia da Faculdade de Agronomia da UFRGS trabalha com resistência parcial, desde 1995, identificando materiais resistentes por meio de estudos que estimam e analisam a eficiência de infecção, o período de latência, o tamanho de pústula, a produção de esporos por pústula e a ASCPD. Resultados promissores foram obtidos na identificação de genótipos de aveia com resistência parcial à ferrugem da folha, adaptados às condições da região Sul do Brasil, por Mellos et al.(1998), Thomé et al.(2001), Barbosa (2002) e Chaves et al.(2004a,b).

2.5. Mapeamento molecular

Características quantitativas são, normalmente, controladas por vários genes, que contribuem positiva ou negativamente, para a expressão final do fenótipo da característica. Uma estratégia para o estudo e compreensão de características com controle complexo é o desenvolvimento de mapas moleculares, através de marcadores de DNA (Young, 1996).

Uma das técnicas de marcadores moleculares muito utilizada para mapeamento é AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*), criada por Vos et al. (1995). A técnica consiste em clivar o DNA genômico da planta com duas enzimas de restrição, ligar adaptadores específicos aos terminais dos fragmentos gerados pela clivagem, fazer a amplificação seletiva, via PCR, de uma fração dos fragmentos gerados na etapa anterior, utilizando *primers* desenhados para reconhecer seqüências nos adaptadores e, por fim, separar em gel os fragmentos amplificados (Milach, 1998). Entre as vantagens de utilizar marcadores AFLP se destacam o grande número de fragmentos produzidos e analisados por gel, o alto poder de detecção da variabilidade genética e uma maior robustez das bandas, (Ferreira e Grattapaglia, 1995).

Como os marcadores moleculares estão isentos da ação dos efeitos do ambiente, eles são uma ferramenta poderosa na construção de mapas de ligação, pois identificam os locos gênicos ao nível molecular. A partir de mapas moleculares é possível realizar uma análise completa do genoma e localizar regiões que controlam características quantitativas (*Quantitative trait loci* – QTL), muitas delas de grande importância econômica à agricultura. Entretanto, algumas condições são necessárias à elaboração dos mapas, tais como, a escolha adequada dos pais para o desenvolvimento de uma população segregante e polimórfica, a identificação dos genótipos nos locos marcadores, através de técnicas de biologia molecular e a utilização de técnicas de análise estatística e computacional para estimar a ligação e a distância entre os marcadores (Oliveira, 1998).

Em relação ao mapeamento de QTLs, a seleção dos pais requer genótipos contrastantes à característica de interesse para que os locos

associados ao caráter sejam detectados com facilidade. O desenvolvimento da progênie segregante deve ter um número de indivíduos que represente uma amostra de todas as recombinações possíveis. A partir dessa amostra se estima a frequência de recombinações gênicas entre os marcadores (Paterson et al., 1991). Mohan et al. (1997) citam diversos trabalhos de identificação de marcadores moleculares para QTLs de interesse agrônomico. Mais recentemente Paran & Zamir (2003), mencionam que nos últimos dez anos, centenas de artigos foram publicados sobre mapeamento de QTLs em plantas.

Van Deynze et al. (1995) relataram que genes que controlam características como rendimento de grãos e resistência às moléstias foram identificados em mapas genéticos de trigo, cevada, centeio e arroz. A identificação de marcadores moleculares ligados às características agrônomicas aumenta a compreensão das bases genética da herança dessas características (Lee & Penner, 1997) e facilita a seleção assistida por marcadores (Barbosa Neto & Bered, 1998; Milach, 1998).

O mapeamento e a identificação de marcadores moleculares pode auxiliar na avaliação de moléstias que tenham sua interpretação dificultada devido às interações hospedeiro x patógeno x ambiente e os diferentes graus de virulência e variabilidade de raças do patógeno (Young, 1996). Através do mapeamento, é possível estimar a posição de QTLs relacionadas com genes de resistência às moléstias. Atualmente, muitos trabalhos são relatados com mapeamento de QTLs em cereais, como por exemplo, resistência à ferrugem da folha (Qi et al., 1999; Kicherer et al., 2000) e à ferrugem estriada (Castro et al., 2003) em cevada, à mancha de *Phaeosphaeria* (Lopes, 2003), *Puccinia polysora* (Brunelli et al., 2002) e *Sporisorium reilianum* (Lübberstedt et al., 1999) em milho,

ao vírus do nanismo amarelo da cevada (Ayala et al., 2002), *Fusarium* (Shen et al., 2003) e ferrugem da folha (Imtiaz et al, 2004; Schnurbusch et al., 2004; Navabi et al., 2005; Xu et al., 2005a e b) em trigo, entre tantos outros.

Para a resistência à ferrugem da folha em aveia, foram identificadas QTLs por Thomé (1999), Chen et al. (2000), Barbosa (2002), Zhu & Kaeppler (2003) e Zhu et al. (2003). Nesses estudos têm sido identificados dois ou mais QTLs envolvidos na resistência parcial à ferrugem da folha, explicando de 10 a 70% da variação fenotípica encontrada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho, o termo resistência parcial foi adotado, pois mantém a nomenclatura utilizada por Thomé (1999), Chaves (2001) e Barbosa (2002), em experimentos que analisaram as relações genéticas e ambientais do patossistema aveia-ferrugem da folha utilizando os mesmos genitores e/ou linhagens.

Segundo Parlevliet (1979 e 1985), resistência parcial é definida como um tipo de resistência incompleta, onde, apesar do hospedeiro apresentar reação de suscetibilidade, se verifica uma baixa taxa de desenvolvimento da moléstia.

3.1. Material vegetal

Oitenta e três linhagens obtidas do cruzamento entre UFRGS 7 e UFRGS 910906, e respectivos genitores, foram avaliadas. Estes genitores foram cruzados, em 1995, e as populações segregantes conduzidas até F₆, utilizando uma modificação do método da Descendência de Semente Única, conforme descrito por Barbosa (2002).

A variedade UFRGS 7 foi escolhida por apresentar ciclo precoce, baixa estatura, bom rendimento de grãos e suscetibilidade à ferrugem da folha, conforme registro de Martinelli et al. (1994). O genótipo UFRGS 910906 foi escolhido por apresentar resistência parcial à ferrugem da folha, segundo relato de Thomé (1999).

A genealogia dos genitores se encontra na TABELA 1.

TABELA 1. Genealogia dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906.

GENÓTIPO	GENEALOGIA
UFRGS 7	X 1205 / FLA 1093
UFRGS 910906	UFRGS 15 / UFRGS 881920

Fonte: Thomé, 1999.

3.2. Experimentos a campo e delineamento experimental

Os experimentos foram realizados na Estação Experimental Agronômica da Faculdade de Agronomia da UFRGS (EEA/UFRGS), localizada na região ecofisiográfica da Depressão Central, no município de Eldorado do Sul (RS), a 30° 05' 27" de latitude sul e 51° 40' 18" de longitude oeste. O clima local, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo Cfa, ou seja, subtropical úmido com verão quente. A altitude média é de 46m e o solo caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999).

Os experimentos foram implantados em sistema de plantio direto sobre os restos culturais de soja. Nos dois anos de cultivo, a semeadura foi mecanizada, a quantidade de sementes ficou em torno de 300 sementes aptas por m² e o espaçamento entre as linhas foi de 20 cm. A correção da acidez do solo, as adubações de manutenção e de cobertura seguiram as indicações da análise de solo, realizadas pelo Laboratório de Análise de Solo, do Departamento de Solos, da Faculdade de Agronomia da UFRGS. O controle de pragas e ervas invasoras foi feito com inseticidas e herbicidas recomendados para a aveia e seguiu as indicações técnicas da cultura.

Nos dois anos, o delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com parcelas sub-divididas, sendo a parcela principal a aplicação ou não

de fungicida e as sub-parcelas os genótipos, avaliados em quatro repetições por fator principal. Dentro de cada parcela principal as quatro repetições dos dois genitores e das 83 linhagens foram aleatorizados.

Em 2002, foram semeadas 680 parcelas, em 25/06, contendo cada parcela quatro linhas e cada linha medindo dois metros, somando 1,6 m² de área. Foram feitas três aplicações de Tebuconazole (06/09, 15/10 e 11/11), na dose de 0,75 l.ha⁻¹ de produto comercial (Folicur 200 CE), para controlar a ferrugem da folha nas parcelas tratadas com fungicida. A colheita das 680 parcelas foi feita em 22/11. O processo de corte e amarração dos feixes foi manual e a trilha feita em máquina estacionária, resultando em perda parcial de grãos na lavoura. A quarta repetição do tratamento com fungicida foi perdida e descartada por problemas na colheita.

Em 2003, a semeadura das 680 parcelas foi em 20/06, cada parcela contendo cinco linhas e cada linha medindo três metros, somando 3m² de área. Neste ano, foram feitas três aplicações de Pyraclostrobin + Epixiconazole (01/09, 30/09 e 13/10), na dose de ½ l.ha⁻¹ de produto comercial (Ópera) para controlar a ferrugem da folha, nas parcelas tratadas com fungicida. A colheita das 680 parcelas foi mecanizada e ocorreu em 15/11. O processo de corte e trilha foi feito com colheitadeira automotriz e as perdas de grãos foram mínimas.

3.3. Avaliação da resistência parcial

3.3.1. Determinação da área sob a curva do progresso da doença

A área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) tem sido amplamente utilizada para auxiliar na identificação e caracterização de genótipos com resistência parcial. Seu cálculo é simples e está baseado em avaliações

seqüenciais da severidade, pois segundo Amorim (1995) esta é a forma mais apropriada para quantificar moléstias foliares como ferrugens, oídios e manchas.

Neste trabalho, as avaliações da severidade da ferrugem da folha para calcular a ASCPD foram feitas nas parcelas não tratadas com fungicida e sob condições naturais de infecção. Em 2002, foram feitas sete avaliações da severidade nas datas de: 09/09, 13/09, 16/09, 21/09, 25/09, 01/10 e 05/10. Em 2003, foram oito avaliações nas datas de: 22/08, 29/08, 05/09, 12/09, 19/09, 26/09, 03/10 e 10/10.

Nos dois anos, as avaliações da severidade da ferrugem da folha se iniciaram quando as primeiras pústulas de *P. coronata* foram observadas nos genótipos mais suscetíveis entre o material experimental estudado. Cada estimativa da severidade da ferrugem da folha resultou da média das avaliações da área foliar afetada do conjunto de plantas da parcela. As avaliações foram baseadas na escala diagramática modificada de Cobb (Peterson et al., 1948), que possibilita classificar a severidade da ferrugem da folha de 0% a 100%. Antes de iniciar as avaliações, uma calibração visual foi realizada e consistiu em fazer a leitura individualizada de plantas inteiras, até a coincidência entre as leituras da severidade, feitas pelo avaliador, e a escala diagramática modificada de Cobb. Todas as leituras foram realizadas pelo mesmo avaliador.

Obtidas as estimativas de severidade da ferrugem da folha, foi possível calcular a ASCPD dos genitores e das linhagens, utilizando a fórmula proposta por Das et al.(1992):

$$ASCPD = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1})/2] (T_{i+1} - T_i)$$

Onde,

n = número de avaliações;

X_i = severidade da ferrugem na data T_i ;

X_{i+1} = severidade da ferrugem na data T_{i+1} ;

T_i = data da avaliação

T_{i+1} = data da avaliação seguinte a T_i ;

3.3.2. Severidade máxima

A severidade máxima (SM) compreendeu a última avaliação da severidade da ferrugem da folha realizada em cada parcela, representando o percentual de área foliar com pústulas de *P. coronata*. Em 2002, a avaliação da SM foi feita na data de 05/10 e, em 2003, na data de 10/10.

3.3.3. Dias para atingir 12,5% da severidade máxima

A divisão do valor da severidade máxima (SM) por oito resultou no parâmetro 12,5% da SM. O cálculo que deduz o número de dias até atingir os 12,5% da SM, chamado aqui de $T_{12,5}$ foi realizado por interpolação através da fórmula:

$$T_{12,5} = D_{T+1} - \left\{ \left[(T+1 - T) \times (D_{T+1} - D_{T-1}) \right] / (T+1 - T-1) \right\}$$

Onde,

T = 1/8 da severidade máxima;

$T+1$ = leitura da severidade acima de T ;

$T-1$ = leitura da severidade abaixo de T ;

D_{T+1} = número de dias relacionado a $T+1$;

D_{T-1} = número de dias relacionado a $T-1$;

Neste trabalho T12,5 mede o tempo necessário para que 12,5% da SM de um genótipo seja atingida e indica a região da curva do progresso da severidade na qual os ângulos de inclinação da reta aumentam rápida e progressivamente.

3.4. Avaliação de outros caracteres de interesse agrônomo

3.4.1. Rendimento de grãos

O rendimento de grãos (REND) de cada parcela foi obtido a partir de todas as linhas da parcela colhidas e os grãos pesados em balança eletrônica, após a retirada manual das principais impurezas: fragmentos de caules, partes de folhas, pedregulhos e terra. O REND de cada parcela, em g.m^{-2} , foi transformado para kg.ha^{-1} . Nos dois anos, após a colheita, os pacotes com grãos permaneceram por dois dias no sol para retirar o excesso de umidade.

3.4.2. Peso do hectolitro

Após a avaliação do rendimento de grãos, as amostras tratadas e não tratadas com fungicida foram individualmente desaristadas. Após o desaristamento, o peso do hectolitro (PH) de cada amostra foi avaliado em equipamento e procedimento apropriados, na sede da EEA/UFRGS.

3.4.3. Dias até o florescimento

A avaliação dos dias até o florescimento (FLOR) da população estudada foi realizada nas parcelas tratadas e não tratadas com fungicida, nos dois anos de cultivo. O período de florescimento das plantas de cada parcela foi considerado concluído quando metade das plantas da parcela apresentavam suas

panículas totalmente expostas, ou seja, não estavam mais envoltas na bainha da folha bandeira. A data inicial para o cálculo dos dias até o florescimento foi estabelecida como sendo o dia da sementeira. As datas de florescimento foram agrupadas em classes, conforme leituras feitas no campo.

3.4.4. Estatura de planta

A avaliação da estatura (ESTAT) dos genitores e das linhagens foi feita em todas as parcelas, em 2002 e 2003. O procedimento consistiu em posicionar uma régua com 200 cm no centro de cada parcela e registrar o valor de uma planta que representasse a média da parcela.

3.5. Análise estatística

Para verificar a aderência dos dados referentes à resistência parcial e os outros caracteres de interesse agrônomo à normalidade foram usados os testes de Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von-Mises e Anderson-Darling.

Para executar a análise conjunta dos dados de 2002 e 2003, com a intenção de verificar a existência de interação genótipo x ano, a homogeneidade das variâncias foi estimada pelos testes de Bartlett, Brow-Forsythe e Levene. Normalidade e homogeneidade foram estimadas utilizando o programa estatístico SAS, versão 8.1 (SAS, 2000).

Os valores das avaliações de 2002 para ASCPD, REND, PH e ESTAT, das parcelas não tratadas com fungicida, foram transformados pela raiz quadrada (\sqrt{x}). Em 2003, apenas os dados da ASCPD foram transformados (\sqrt{x}). Para facilitar a compreensão, as médias apresentadas nas tabelas são os valores originais.

As análises de variância por ano e conjunta dos dois anos para ASCPD, SM e T12,5 utilizaram o modelo de blocos casualizados, visto que foram feitas com os dados das parcelas sem aplicação de fungicida. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$), porém, apenas as médias dos genitores e de 17 linhagens contrastantes estão sendo mostradas para ilustrar a amplitude de variação encontrada.

A análise de variância conjunta dos dois anos para REND e PH utilizou o modelo fatorial de análise. Contudo, os mesmos dados submetidos à análise de variância por ano foram analisados pelo modelo de análise de parcela subdividida, sendo fungicida a parcela principal e linhagens as sub-parcelas. Os genitores e as mesmas 17 linhagens contrastantes foram utilizadas na análise de comparação de médias pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$).

O teste t de Student ($\alpha=0,05$) foi aplicado para comparação das médias de REND e PH das linhagens tratadas com fungicida com suas correspondentes não tratadas.

3.6. Análise genética e molecular

3.6.1. Análise de correlação

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica, genotípica e ambiental dos parâmetros da resistência parcial (ASCPD, SM, T12,5) e dos caracteres de interesse agrônômico (REND, PH, FLOR e ESTAT) foram obtidas utilizando o método descrito por Vencovsky & BARRIGA (1992).

$$r_{G(X,Y)} = \text{COV}_{G(X,Y)} / (\sigma_{G(X)} \cdot \sigma_{G(Y)})$$

$$r_{F(X,Y)} = \text{COV}_{F(X,Y)} / (\sigma_{F(X)} \cdot \sigma_{F(Y)})$$

$$r_{E(X,Y)} = \text{COV}_{E(X,Y)} / (\sigma_{E(X)} \cdot \sigma_{E(Y)})$$

3.6.2. Distribuição de freqüências

Neste estudo as distribuições de freqüências foram obtidas pelo agrupamento dos dados em classes, cujos intervalos foram estabelecidos com base no desvio padrão da média geral da ASCPD, SM, T12,5, REND e PH de cada material, conforme recomendado por Steel & Torrie (1980). O intervalo de classe adotado foi de $\frac{1}{4}$ do desvio padrão da média geral.

3.6.3. Herdabilidade

Estimou-se a herdabilidade no sentido amplo (h^2a) da ASCPD, SM, T12,5, REND e PH utilizando-se os Quadrados Médios da Análise de Variância Conjunta, conforme Bernardo (2002).

Para ASCPD, SM e T12,5:

$$h^2a = V_{\text{Linhagens}} / (V_{\text{Linhagens}} + V_{\chi})$$

$$V_{\text{Linhagens}} = (QM_{\text{Linhagens}} - QM_{\text{LinhagensxAno}}) / ra$$

$$V_{\chi} = QM_{\text{LinhagensxAno}} / ra$$

Para REND e PH:

$$h^2a = V_{\text{Linhagens}} / (V_{\text{Linhagens}} + V_{\chi})$$

$$V_{\text{Linhagens}} = (QM_{\text{Linhagens}} + QM_{\text{LinhagensxAnoxFungicida}} - QM_{\text{LinhagensxAno}} - QM_{\text{LinhagensxFungicida}}) / raf$$

$$V_{\chi} = (QM_{\text{Erro}} / raf) + (QM_{\text{LinhagensxFungicida}} / f) + (QM_{\text{LinhagensxAnoxFungicida}} / af) + (QM_{\text{LinhagensxAno}} / a)$$

3.6.4. Análise de QTLs

Neste trabalho, o mapa de ligação da aveia utilizado como base para o mapeamento de regiões do cromossomo associadas a uma determinada característica quantitativa (QTLs) foi aquele desenvolvido por Barbosa (2002), a partir de linhas F_6 do cruzamento UFRGS 7 X UFRGS 910906, utilizando marcadores do tipo AFLP. Este mapa foi construído a partir de 86 marcadores moleculares, cujo arranjo formou 17 grupos de ligação. Sua construção e descrição detalhada encontra-se em Barbosa (2002).

Uma análise por intervalo simples foi utilizada para identificar, no mapa F_6 desenvolvido por Barbosa (2002), as regiões genômicas associadas aos caracteres ASCPD, SM, T12,5, das populações $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$. O programa utilizado no mapeamento de QTLs foi o MAPMAKER / QTL versão 1.1b (Lander et al., 1987). O mesmo mapa molecular e análise de QTLs foram empregados no presente trabalho para minimizar diferenças nos métodos de estimativas entre os dois estudos.

4. RESULTADOS

4.1. Resistência parcial

Diferenças significativas foram observadas entre as linhagens para ASCPD, SM e T12,5, avaliadas com base em parcelas experimentais. Na análise conjunta da variância as interações linhagens x ano foram significativas para ASCPD, SM e T12,5, reforçando a hipótese da influência do ambiente na expressão dessas características quantitativas (TABELA 2).

TABELA 2. Análise de variância conjunta da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5).

FONTES DE VARIAÇÃO	QUADRADOS MÉDIOS		
	ASCPD	SM	T12,5
Ano	1774**	19711**	57548**
Repetição (Ano)	182**	6671**	261**
Linhagens	252**	2907**	95,3**
Linhagens x Ano	31,9**	411**	22,5**
Erro	11,6	164	10,7

** Significativo a 1% pelo teste F;

A presença de interação linhagens x ano significativa na análise conjunta de dois anos dos parâmetros utilizados para estimar a resistência parcial levou à realização da análise de variância por ano (TABELA 3).

TABELA 3. Análise de variância por ano da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5).

FONTES DE VARIACÃO	QUADRADOS MÉDIOS					
	2002			2003		
	ASCPD	SM	T12,5	ASCPD	SM	T12,5
Linhagens	132,0**	1212,0**	38,8**	153,0**	2125**	79,2**
Repetição	33,2**	970,0**	13,5 ^{NS}	331,0**	12372**	509,0**
Erro	8,6	78,3	4,2	14,6	249	16,9

** Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não Significativo.

A análise de variâncias da ASCPD revelou diferenças significativas entre as linhagens, nos dois anos analisados. Em 2002, os valores de ASCPD variaram de 36,1 a 887. A comparação das médias de ASCPD dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e das linhagens contrastantes para essa característica, em 2002, encontra-se na TABELA 4. A linhagem 241 apresentou a média de ASCPD mais baixa (36,1), enquanto a linhagem 258, a mais alta (887). Ambos os genitores, em 2002, tiveram valores reduzidos de ASCPD, os quais não diferiram estatisticamente, com UFRGS 7 apresentando uma média de 52,6 e UFRGS 910906 de 71,5.

Em 2003, os valores de ASCPD variaram de 34,1 a 921. A menor média de ASCPD foi da linhagem 238 e a maior, da linhagem 204. A TABELA 5 apresenta a comparação das médias dos genitores e das 17 linhagens escolhidas por serem contrastantes para essa característica, em 2003. Novamente, a média dos genitores não diferiu estatisticamente, com UFRGS 7 apresentando uma média de ASCPD de 250 e UFRGS 910906, de 253.

TABELA 4. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5), em 2002.

GENÓTIPO	ASCPD	SM	T12,5
258	887 a	85,0 a	7,7 g
256	758 ab	73,7 ab	10,0 fg
210	755 ab	65,0 b	8,9 g
257	749 ab	65,0 b	8,9 g
271	682 abc	66,3 b	9,3 g
260	630 bc	68,8 b	9,7 fg
204	528 cd	63,8 b	10,6 fg
283	515 cd	67,5 b	11,3 efg
282	421 d	67,5 b	14,6 cde
218	339 de	46,3 c	13,4 def
224	211 ef	30,0 d	15,2 bcd
249	88,6 f	16,3 de	17,5 abc
UFRGS910906	71,5 f	17,5 de	18,7 ab
211	66,4 f	15,0 de	17,9 abc
238	54,3 f	12,3 e	17,9 abc
UFRGS7	52,6 f	19,0 de	21,4 a
245	51,5 f	13,8 de	18,4 abc
243	43,7 f	12,5 e	20,3 a
241	36,1 f	8,8 e	17,9 abc

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

As amplitudes de variação da ASCPD observadas em 2002 (36 a 887) e 2003 (34 a 921) foram semelhantes, porém, em 2003, a presença da ferrugem da folha foi mais pronunciada, conforme FIGURA 1.

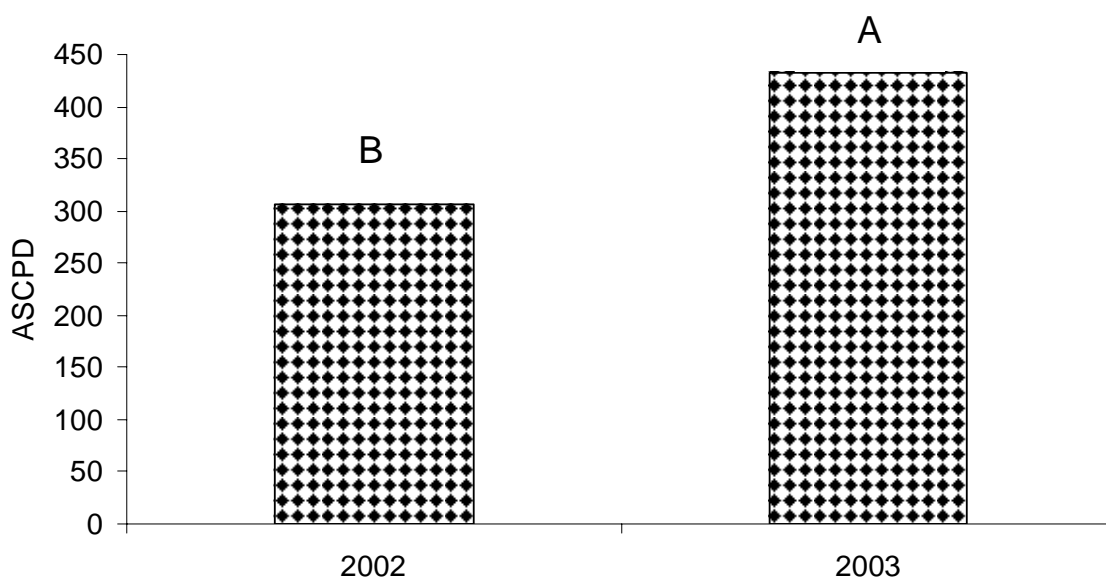


FIGURA 1. Médias gerais da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.

A análise de variância da severidade máxima (SM) revelou diferenças significativas entre as linhagens, nos dois anos analisados (TABELA 3), indicando interação linhagens x ano significativa. Em 2002, as médias de SM foram de 8,8% a 85%, ficando o genitor UFRGS 7 com média de 19% e UFRGS 910906 com 17,5% (TABELA 4). Em 2003, os valores de SM foram de 3,8% a 92,5%, ficando UFRGS 7 com média 41,3% e UFRGS 910906 com 37,5% (TABELA 5). A existência de linhagens com SM inferior àquela apresentada pelo genitor com resistência parcial, em 2002 e 2003, mostra que algumas possuem boa capacidade para resistir às condições de permanente infecção e alta severidade da ferrugem da folha, existentes na região Sul do Brasil (FIGURA 3). Destacaram-

se as linhagens 211, 238, 241, 243, 245 e 249 que, em ambos os anos, mantiveram-se no grupo com menores valores de SM (TABELAS 4 e 5). As médias gerais de SM encontram-se na FIGURA 2.

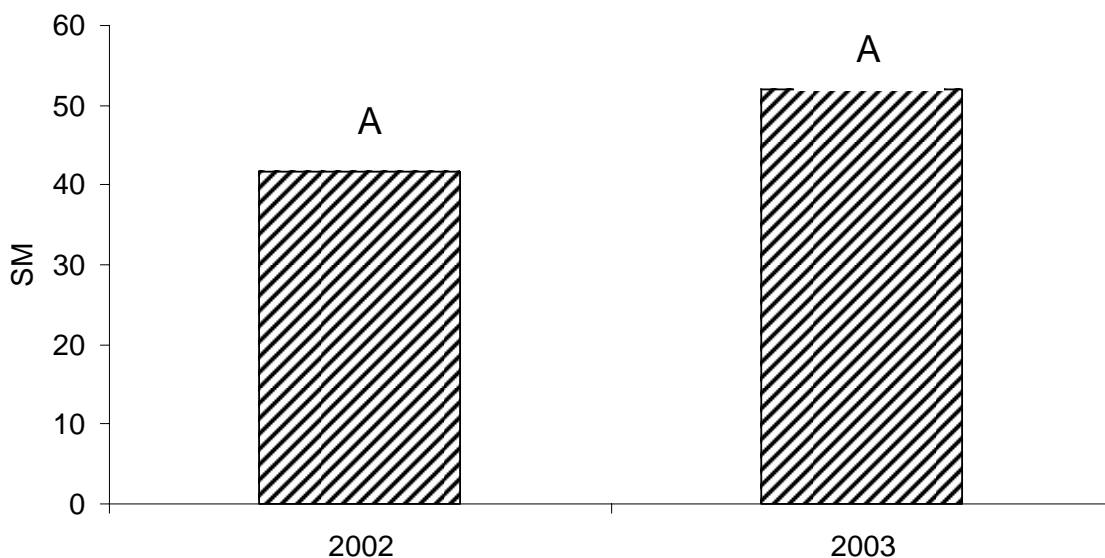


FIGURA 2. Médias gerais da severidade máxima (SM) das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.

Neste trabalho $T_{12,5}$ mede o tempo necessário para que 12,5% da SM de um genótipo seja atingida e também indica a região da curva do progresso da severidade na qual os ângulos de inclinação da reta aumentam rápida e progressivamente. $T_{12,5}$ é uma medida que indica o momento em que a moléstia inicia um desenvolvimento em um ritmo mais acelerado. Pacheco (2004) estudando o comportamento de genótipos com resistência parcial à ferrugem da folha em um programa de seleção recorrente, na região Meio-Oeste dos EUA, utilizou com sucesso o parâmetro 33,3% da severidade máxima (T_{33}) para diferenciar genótipos com resistência parcial. Na FIGURA 4 é possível verificar que os valores de $T_{12,5}$ das linhagens com maior SM de 2002 (256 e 258) e 2003

(282 e 283), mais os genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 estão localizados na região da curva do progresso da severidade onde a inflexão se acentua. Outras estimativas foram calculadas (T25, T20, T15 e T10), mas T12,5 foi escolhido visualmente por representar o ponto de inflexão da curva (FIGURA 4).

A análise de variância de T12,5 apresentou diferenças significativas entre linhagens, nos dois anos analisados (TABELA 3). Em 2002, as médias de T12,5 foram de 7,7 a 21,4 dias, ficando UFRGS 7 com média 21,4 e UFRGS 910906 com 18,7, ou seja, o genitor suscetível levou 2,7 dias a mais que o genitor com resistência parcial para atingir 12,5% da SM (TABELA 4). Este fato reforça a hipótese da pouca quantidade de inóculo inicial e/ou da ausência das raças que fizeram de UFRGS 7 uma variedade altamente suscetível à ferrugem da folha em anos anteriores. Em contrapartida, algumas linhagens apresentaram altíssima suscetibilidade à ferrugem da folha, em 2002, como por exemplo, a linhagem 258 que levou apenas 7,7 dias para atingir 12,5% da SM (FIGURA 4).

Em 2003, os valores de T12,5 ficaram entre 19,9 e 40,5 dias, ficando UFRGS 7 com média 36,3 e UFRGS 910906 com 36,0 (TABELA 5). O tempo médio para que 12,5% da SM fosse atingido, em 2003, foi maior que em 2002, conforme FIGURA 5.

Analisando as médias de ASCPD dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 percebe-se um comportamento similar nos dois anos de avaliação. Valores tão próximos de ASCPD, contudo, não eram esperados, pois UFRGS 7 e UFRGS 910906 apresentaram um comportamento contrastante em relação à suscetibilidade à ferrugem da folha, de 1995 a 2000. UFRGS 7 mostrou-se altamente suscetível em anos anteriores e UFRGS 910906 mostrou-se

TABELA 5. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e dias para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5), em 2003.

GENÓTIPO	ASCPD	SM	T12,5
204	921 a	73,3 a	21,7 ef
283	905 a	92,5 a	27,4 de
218	892 a	84,5 a	27,6 de
260	878 a	77,0 a	19,9 f
282	848 a	87,5 a	30,4 cd
271	840 a	75,0 a	26,6 de
257	784 a	85,0 a	27,1 de
258	755 a	82,0 a	28,0 de
210	658 a	79,8 a	30,6 cd
256	646 a	73,5 a	30,2 cd
UFRGS910906	253 b	37,5 bc	36,0 abc
UFRGS7	250 b	41,3 b	36,3 abc
211	168 b	26,3 bcd	36,9 abc
241	92,2 b	17,5 bcd	39,4 ab
224	77,2 b	16,5 bcd	38,1 ab
243	66,2 b	14,5 bcd	39,9 ab
245	66,0 b	15,0 bcd	40,5 a
249	35,2 b	7,5 cd	39,8 ab
238	34,1 b	3,8 d	33,3 bcd

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

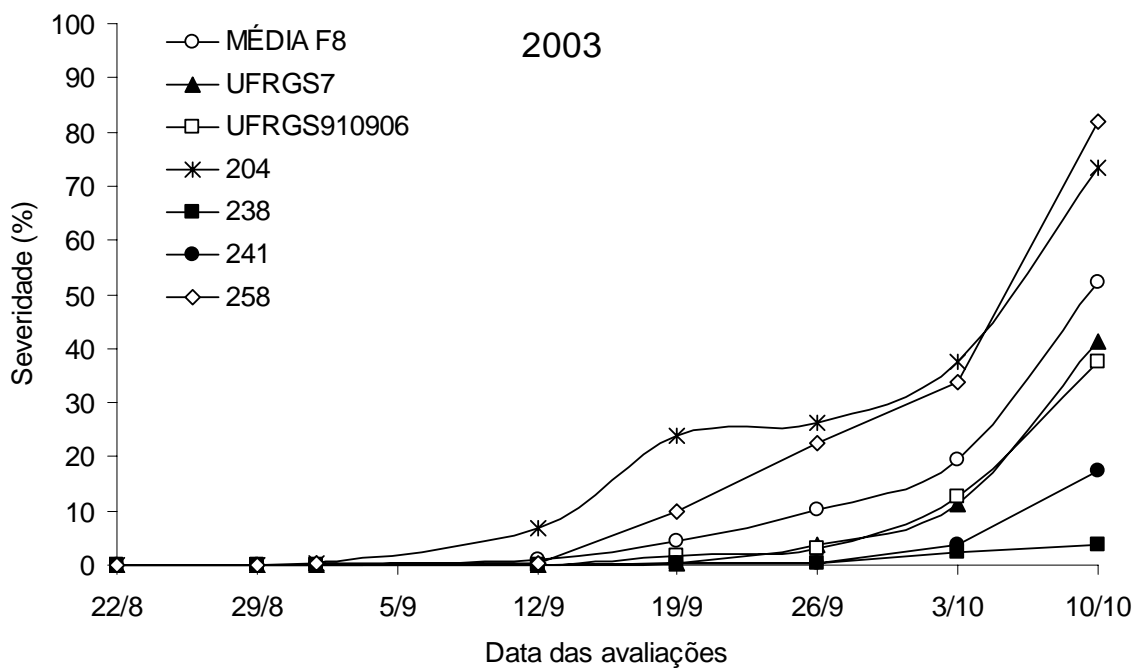
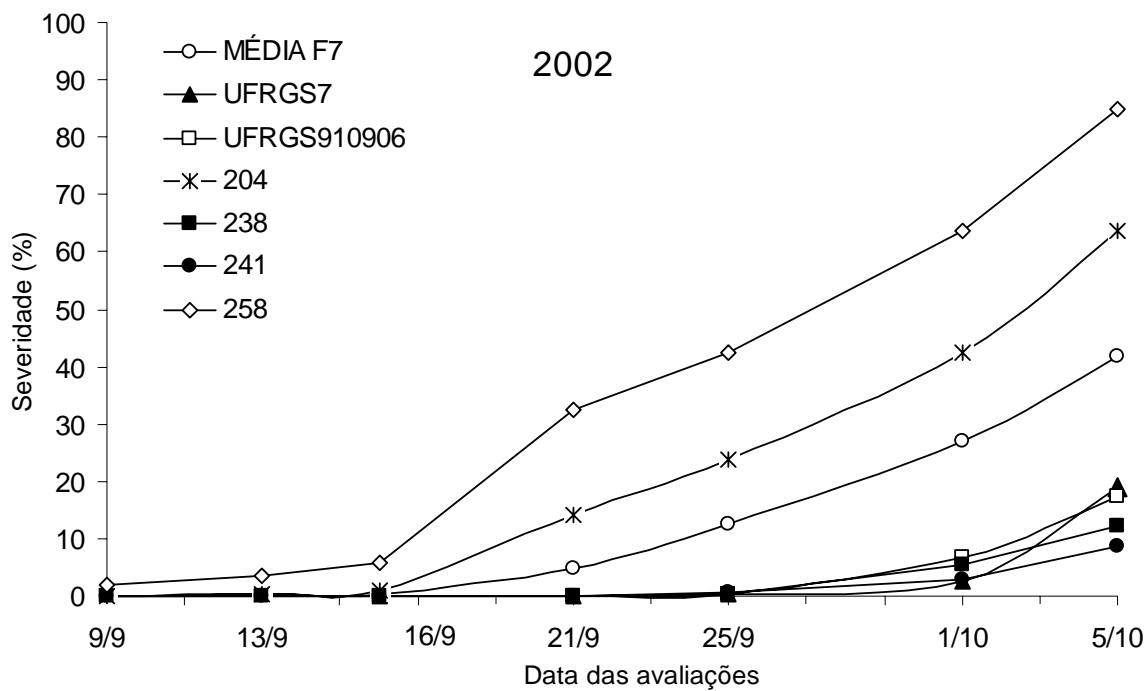


FIGURA 3. Curvas do progresso da severidade dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906, da média geral das linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ e das linhagens com melhor e pior desempenho. EEA/UFRGS, 2002 e 2003.

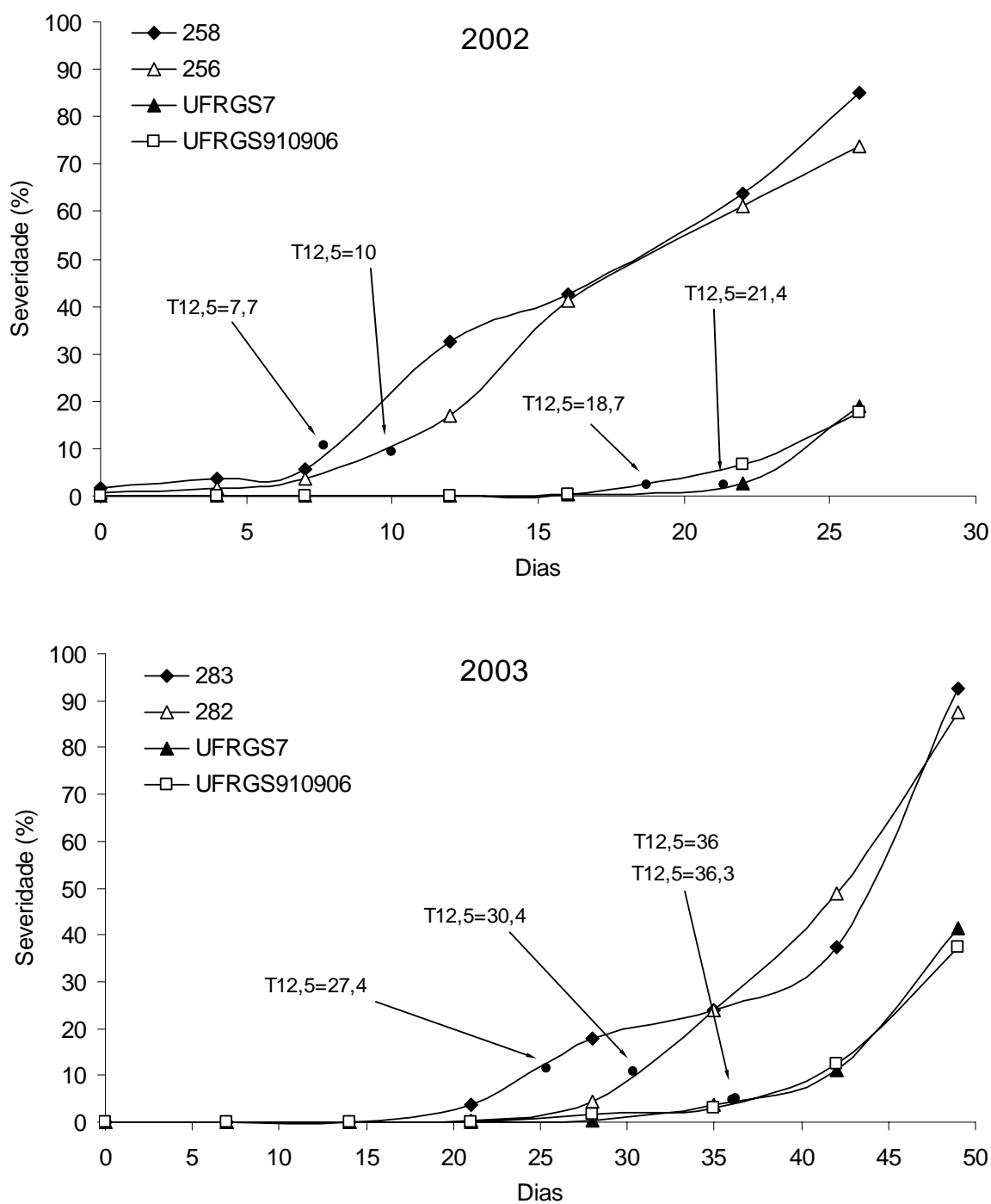


FIGURA 4. Curvas do progresso da severidade das linhagens 256 e 258 (2002), 282 e 283 (2003), dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 e as estimativas de $T_{12,5}$.

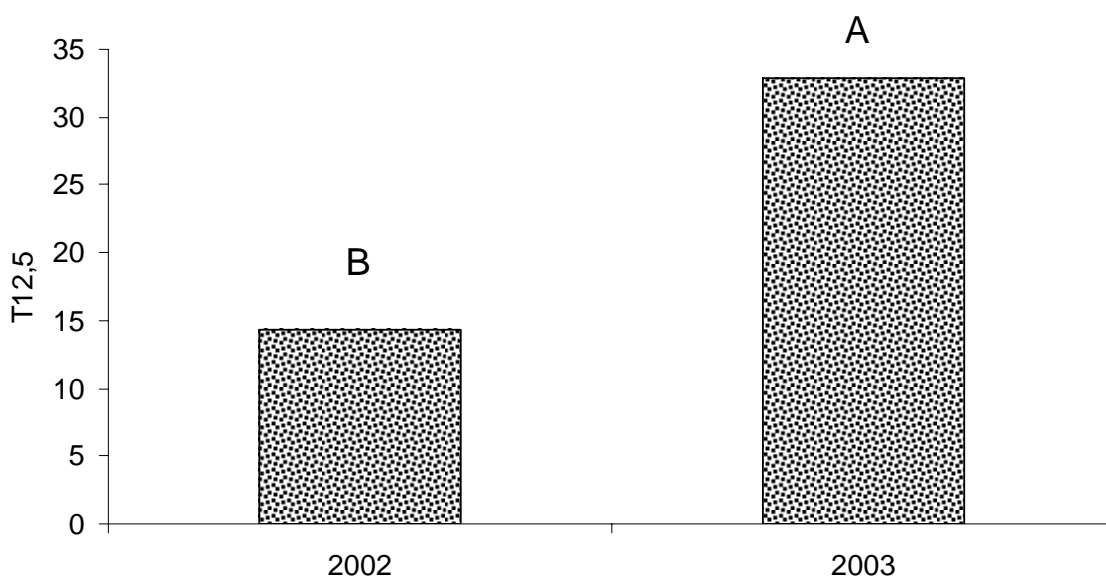


FIGURA 5. Médias gerais do tempo em dias para se atingir 12,5% da severidade máxima ($T_{12,5}$) das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.

parcialmente resistente, pois apresentou, por vários anos, baixos valores de ASCPD, com exceção de 1998, quando as condições ambientais foram muito favoráveis à ferrugem da folha (FIGURA 6).

Apesar do genitor suscetível UFRGS 7 ter apresentado valores baixos de ASCPD não significa que ocorreram condições desfavoráveis à ferrugem da folha, nos dois anos do estudo, pois as médias de ASCPD das linhagens 258 e 204, alcançando valores de 887 e 921, respectivamente, foram bem altas e comprovam a presença de grande quantidade de inóculo no campo (FIGURA 7).

Por sua vez, o genitor com resistência parcial UFRGS 910906 apresentou um comportamento constante ao longo dos oito anos de avaliação, com exceção de 1998, quando condições meteorológicas favoreceram o desenvolvimento da ferrugem da folha (FIGURAS 6 e 7).

As linhagens 211, 238, 241, 243 e 245 apresentaram, em 2002 e 2003, médias de ASCPD menores do que o genitor com resistência parcial UFRGS 910906, indicando a ocorrência de segregação transgressiva.

Na FIGURA 8 são apresentadas as médias de SM de UFRGS 7 e UFRGS 910906, para 2002 e 2003. A média geral dos sete anos de avaliação da SM foi calculada e mostra que o comportamento dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 ficou dentro do esperado, apesar do fato da severidade ter sido estimada em plantas individuais, em 1995 e 1996; em plantas dentro de famílias, em 1998, 1999 e 2000; e em parcelas, em 2002 e 2003. Em 2002, UFRGS 7 apresentou SM abaixo da média, voltando a subir em 2003. O genitor UFRGS 910906, por sua vez, manteve-se próximo da média em 2002, mas superou-a em 2003.

4.2. Rendimento e qualidade de grãos

Interação linhagens x ano significativa para os caracteres de interesse agrônômico REND e PH foi identificada na análise conjunta (TABELA 6) e levou à realização da análise de variância individualizada por ano (TABELA 7).

Em 2002, nas parcelas onde foi aplicado fungicida para controlar a ferrugem da folha da aveia, o REND dos genitores e das linhagens superou o desempenho registrado pelos mesmos materiais nas parcelas não tratadas com fungicida. Detalhes sobre as diferenças mencionadas acima e a comparação das médias dos genitores e das linhagens analisadas aparecem na TABELA 8.

Nas parcelas tratadas com fungicida, em 2002, a linhagem 211 produziu o equivalente a 3577 kg.ha^{-1} , enquanto a linhagem 256, apenas 2371 kg.ha^{-1} , representando uma diferença de 34%. Entre as parcelas que não foram

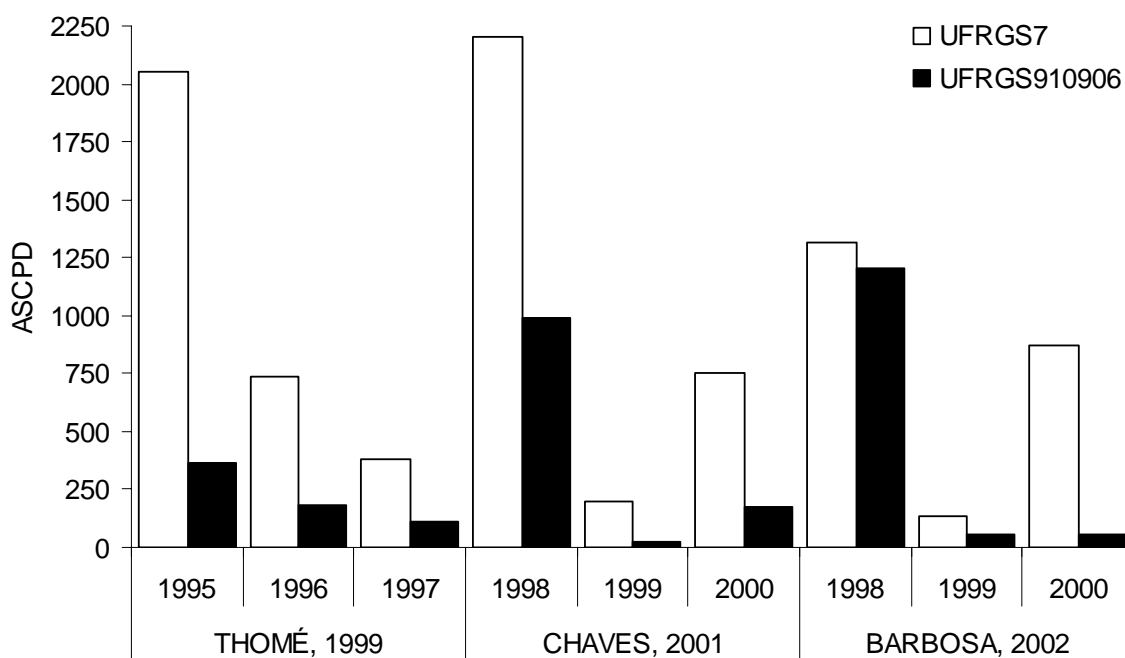


FIGURA 6. Área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) para UFRGS 7 e UFRGS 910906 em avaliações com base em plantas individuais (Thomé, 1999 e Barbosa, 2002) e parcelas (Chaves, 2001), no decorrer de seis anos, na EEA/UFRGS. UFRGS, 2004.

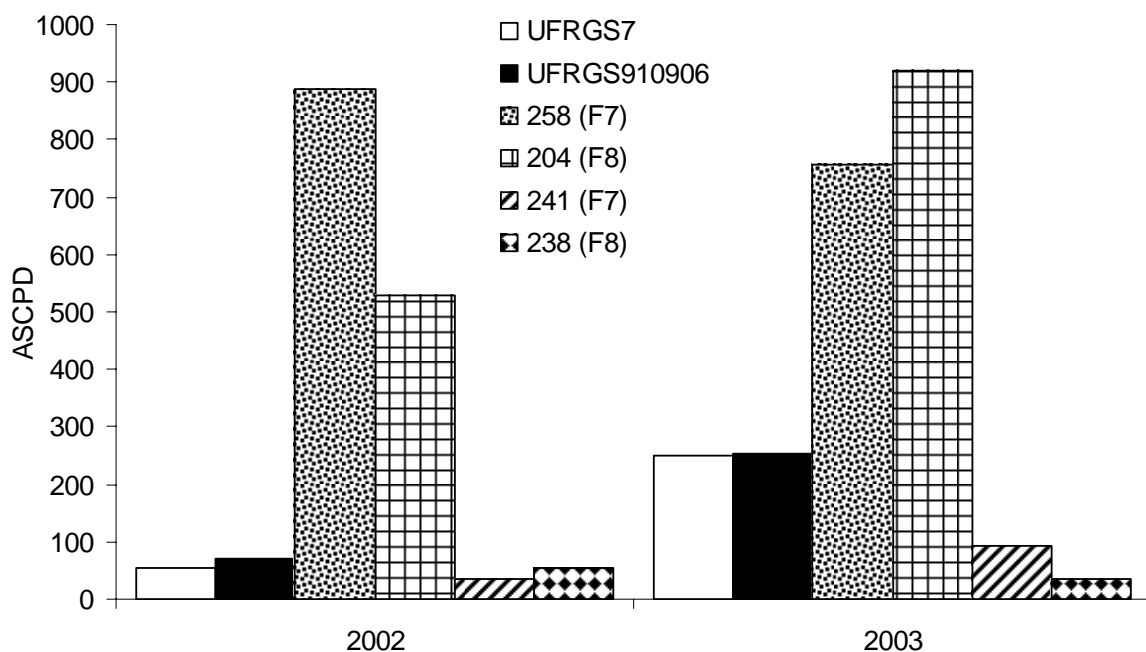


FIGURA 7. Área sob a curva do progresso da doença (ASCPD) de UFRGS 7, UFRGS 910906, das linhagens 258 e 241 (maior e menor ASCPD, 2002) e 204 e 238 (maior e menor ASCPD, 2003), avaliadas em parcela, na EEA/UFRGS. UFRGS, 2004.

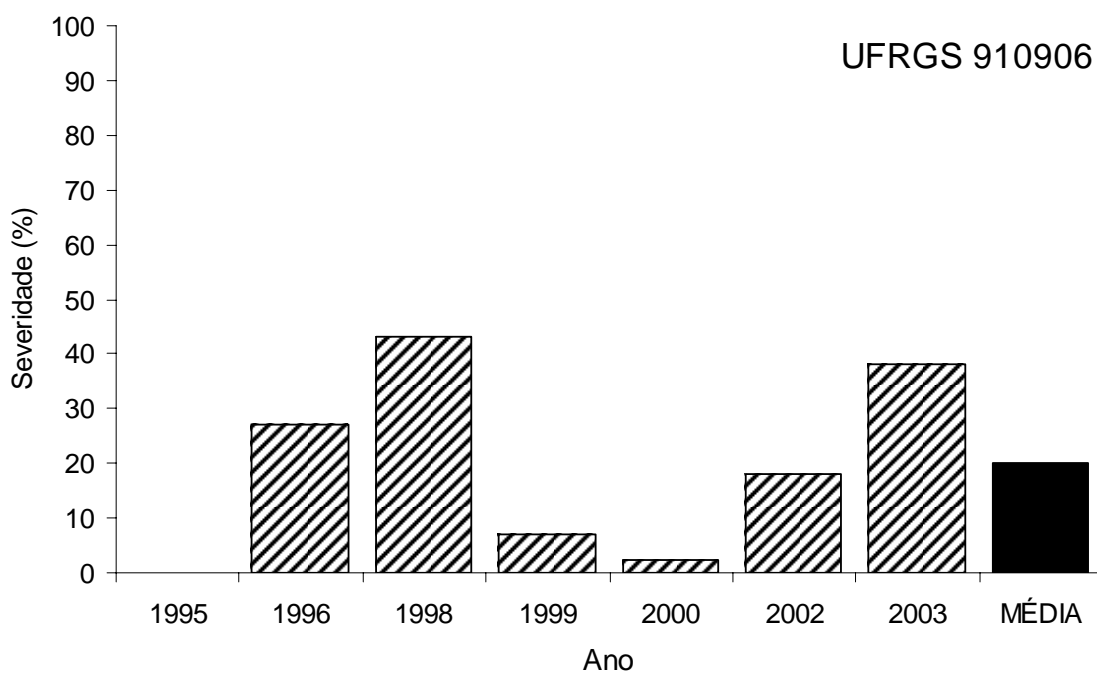
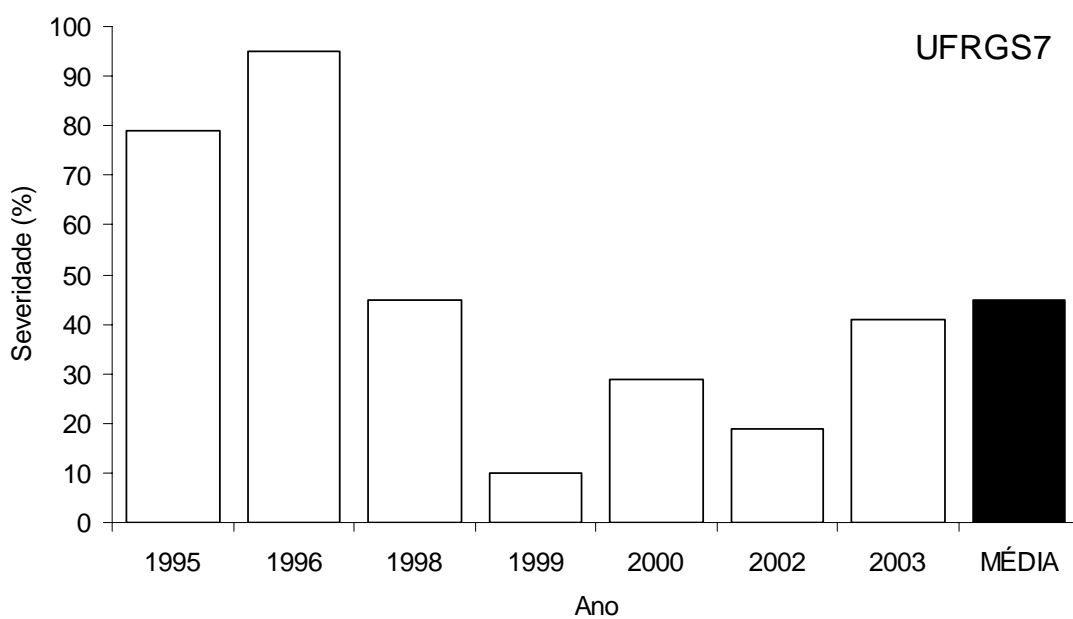


FIGURA 8. Severidade máxima dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 e média geral, após sete anos de avaliação na EEA/UFRGS, em Eldorado do Sul (RS). FONTE: Dados de 1995 a 1996 de Thomé (1999) e dados de 1998 a 2000 de Barbosa (2002).

TABELA 6. Análise de variância conjunta dos caracteres rendimento de grãos (REND) e peso de hectolitro (PH).

CAUSAS DA VARIAÇÃO	QUADRADOS MÉDIOS	
	REND	PH
Ano	1727064998**	74764**
Fungicida	26900272258**	176866**
Repetição (Ano)	5451716**	164**
Linhagens	82859970**	44,1**
Ano x Fungicida	62047 ^{NS}	61220**
Linhagens x Ano	545511**	19,1**
Linhagens x Fungicida	625424**	16,5**
Linhagens x Ano x Fungicida	593601**	19,5**
Erro	209960	6,4

** Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

TABELA 7. Análise de variância, por ano, dos caracteres de interesse agrônômico rendimento de grãos (REND) e peso do hectolitro (PH).

CAUSAS DA VARIAÇÃO	QUADRADOS MÉDIOS			
	2002		2003	
	REND	PH	REND	PH
Fungicida	1192891793**	180661**	1545865536**	19587**
Repetição	2873639 ^{NS}	130 ^{NS}	8166955 ^{NS}	152 ^{NS}
Erro A	4310521	192	1136185	70,1
Linhagens	385733**	16,5**	1209043**	52,7**
Linhagens x Fungicida	380950**	12,5**	882570**	26,98**
Erro B	120670	3,2	262499	7,6

** Significativo a 1% pelo teste F; ^{NS} Não significativo.

TABELA 8. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para rendimento de grãos (REND) e peso do hectolitro (PH), dos tratamentos com e sem fungicida, em 2002.

GENÓTIPO	COM FUNGICIDA		SEM FUNGICIDA	
	REND	PH	REND	PH
211	3577 a	47,6 abc	1581 b	26,9 bc
260	3567 a	49,0 abc	539 ef	24,6 bcde
282	3456 ab	49,6 abc	1617 ab	32,8 a
224	3446 ab	49,3 abc	645 ef	23,3 cdef
210	3363 ab	43,6 c	167 f	18,2 fg
UFRGS7	3279 ab	48,3 abc	1916 ab	34,3 a
245	3119 ab	46,4 abc	948 de	22,6 cdef
258	3110 ab	50,5 ab	225 f	15,2 g
UFRGS910906	3090 ab	47,0 abc	659 ef	26,5 bc
218	3071 ab	52,5 a	1459 bc	29,6 abc
241	3060 ab	46,7 abc	983 cde	22,6 cdef
249	2960 ab	44,7 bc	544 ef	24,8 bcde
204	2948 ab	48,7 abc	553 ef	19,0 efg
283	2815 ab	48,0 abc	544 ef	23,3 cdef
238	2710 ab	43,4 c	2108 a	30,3 ab
257	2679 ab	50,3 ab	469 ef	25,9 bcd
243	2573 ab	45,4 bc	1417 bcd	26,4 bcd
271	2406 b	43,7 c	703 ef	18,8 efg
256	2371 b	45,0 bc	648 ef	20,3 defg

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

tratadas com fungicida, contudo, a diferença entre a linhagem mais e menos produtiva foi maior, ou seja, de 92%, pois a linhagem 238 produziu 2108 kg.ha^{-1} com uma severidade máxima de 12,3%, enquanto a linhagem 210, com uma severidade máxima de 65%, produziu apenas 167 kg.ha^{-1} , refletindo os diferentes níveis de resistência parcial das linhagens avaliadas. É interessante observar a linhagem 211 que, além de apresentar o maior potencial produtivo, em 2002, e estar no grupo dos genótipos superiores para rendimento de grãos, em 2003, no tratamento com fungicida, apresentou um dos melhores desempenhos para essa característica no tratamento sem fungicida. Isso provavelmente foi possível devido aos baixos níveis de ASCPD, SM e T12,5 dessa linhagem que possui resistência parcial para ferrugem da folha (TABELAS 4 e 5).

Em 2003, o uso de fungicida no controle da ferrugem da folha também mostrou-se muito eficiente e proporcionou altos rendimentos, conforme apresentado na TABELA 9. Nas parcelas tratadas, a linhagem 245 produziu 6367 kg.ha^{-1} e a linhagem 283, 3942 kg.ha^{-1} . A diferença de 38% ficou próxima daquela registrada em 2002 (34%). Entre as linhagens que não foram tratadas com fungicida, a mais produtiva foi a linhagem 211, com 3637 kg.ha^{-1} , enquanto a linhagem 257 produziu apenas 900 kg.ha^{-1} . Uma diferença de 75%. Confirmando a tendência observada, em 2002, onde baixos rendimentos foram associados a altos valores de severidade da ferrugem da folha, em 2003, a linhagem 211 teve severidade máxima de 26,3% e a linhagem 257, de 85%. As médias gerais para REND com e sem fungicida, nos dois anos de avaliação, se encontram da FIGURA 9.

TABELA 9. Comparação das médias dos genitores UFRGS 7, UFRGS 910906 e linhagens para rendimento de grãos (REND) e peso do hectolitro (PH), dos tratamentos com e sem fungicida, em 2003.

GENÓTIPO	COM FUNGICIDA		SEM FUNGICIDA	
	REND	PH	REND	PH
245	6367 a	47,6 bc	2749 bc	38,8 abcd
UFRGS7	6308 ab	49,3 ab	3038 ab	42,3 a
257	5867 ab	48,7 abc	900 g	27,0 h
210	5708 ab	46,7 bc	1414 fg	27,7 gh
243	5675 ab	45,2 bc	3468 a	38,8 abcd
UFRGS910906	5609 ab	46,6 bc	1818 def	28,8 gh
258	5567 ab	46,5 bc	1753 ef	30,6 fgh
282	5559 ab	46,8 bc	2765 bc	40,7 ab
211	5492 ab	48,5 abc	3637 a	39,9 abc
204	5450 ab	48,9 ab	1740 ef	35,0 cdef
271	5358 ab	44,7 bc	2125 cdef	34,1 def
238	5350 ab	48,6 abc	3628 a	40,0 abc
241	5245 abc	46,7 bc	2341 cde	34,8 cdef
224	5167 abc	43,9 c	2523 bcd	32,2 efg
256	5117 abc	49,6 ab	1967 def	38,0 abcd
260	5067 abc	47,4 bc	2002 def	34,8 cdef
249	4992 abc	49,2 ab	2028 def	35,3 cdef
218	4958 bc	53,1 a	1841 def	42,1 a
283	3942 c	48,0 bc	2001 def	36,6 bcde

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

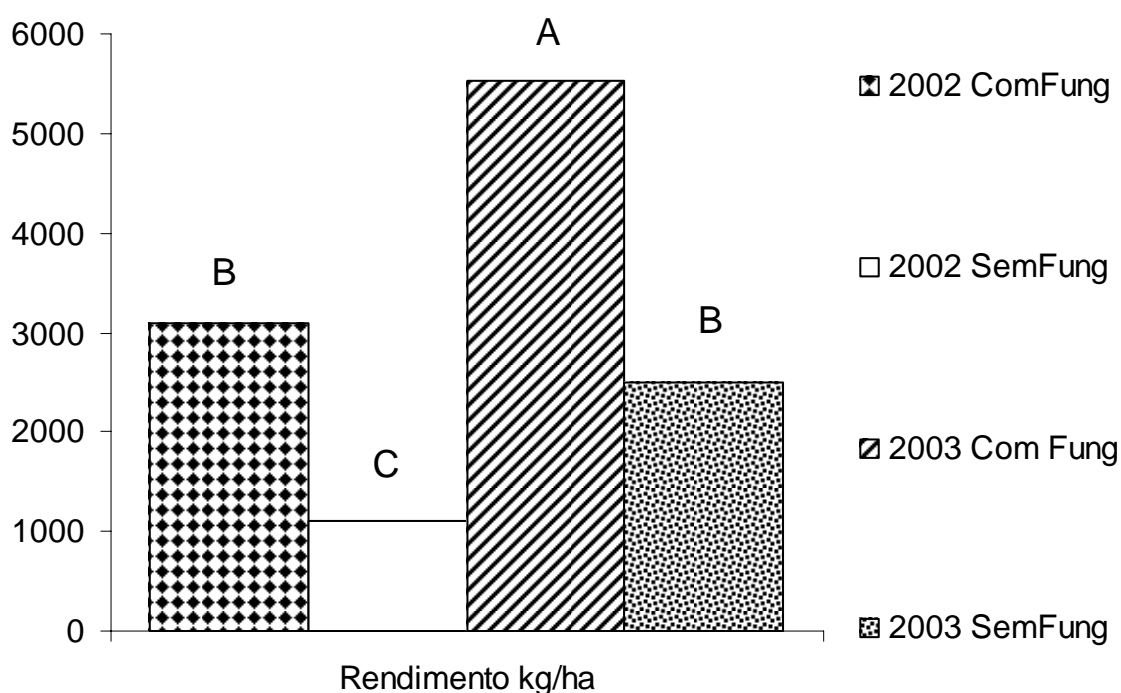


FIGURA 9. Médias gerais do rendimento de grãos com e sem fungicida das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.

Em 2002, os genitores e as linhagens do tratamento com fungicida superaram as médias de PH dos mesmos materiais onde não foi aplicado fungicida para controlar a ferrugem da folha. Detalhes sobre essas diferenças e a comparação das médias dos genitores e das linhagens aparecem na TABELA 8.

Nas parcelas tratadas com fungicida, em 2002, a linhagem 218 alcançou o maior PH, 52,5 enquanto a linhagem 238, obteve o menor PH, 43,4, representando uma diferença de 17%. Entre as parcelas que não foram tratadas com fungicida, contudo, a diferença entre a linhagem que apresentou PH maior e menor foi mais pronunciada, ou seja, de 56%, pois UFRGS 7 atingiu um PH de 34,3, enquanto a linhagem 258, obteve PH de 15,2.

Em 2003, o uso de fungicida no controle da ferrugem da folha também se mostrou muito eficiente e proporcionou a obtenção de altos valores de PH, conforme apresentado na TABELA 9. No grupo dos materiais que recebeu fungicida, a linhagem 245 alcançou o PH mais alto, 53,1 e a linhagem 224 obteve um PH de 43,9, apresentando uma diferença em 17%. Observou-se a mesma amplitude de variação apresentada em 2002. Entre os materiais que não foram tratados com fungicida, o genitor UFRGS 7 obteve o valor de PH mais alto, 42,3 e a linhagem 257 ficou com PH mais baixo, 27,0. Apresentando uma amplitude de variação de 36%. As médias gerais para PH com e sem fungicida, nos dois anos de avaliação, se encontram da FIGURA 10.

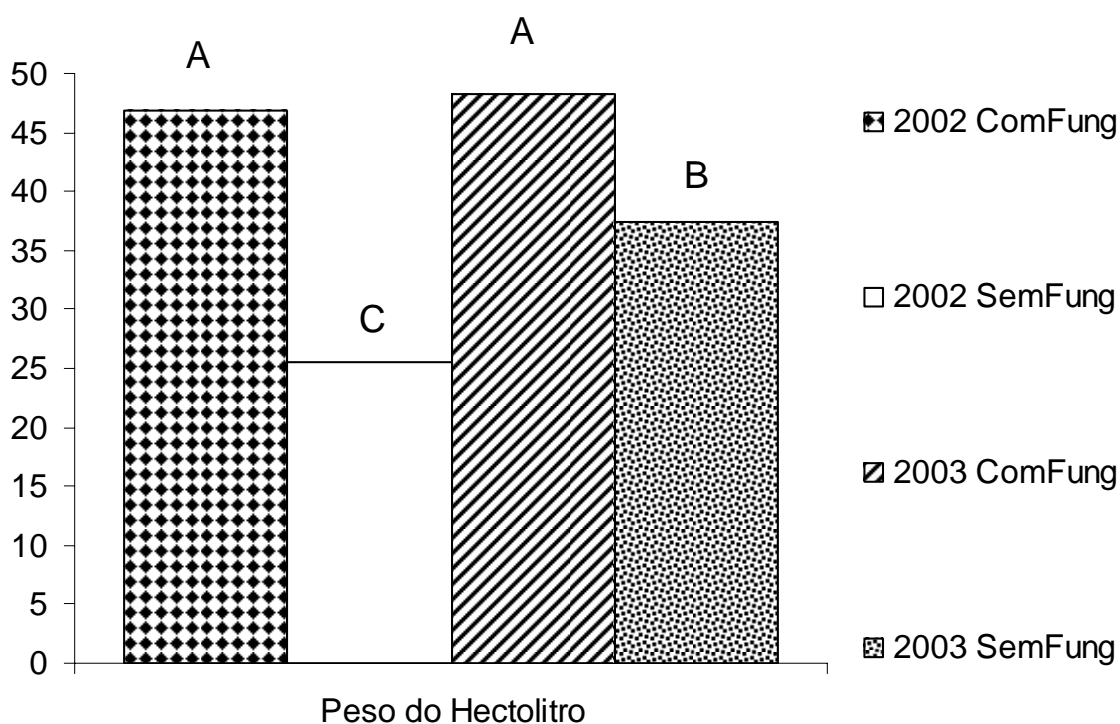


FIGURA 10. Médias gerais do peso do hectolitro com e sem fungicida das populações $F_{6:7}$ (2002) e $F_{6:8}$ (2003) do cruzamento UFRGS 7 x UFRGS 910906. EEA/UFRGS, 2002 e 2003. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 1% de probabilidade.

Os resultados da análise realizada para determinar se os níveis de resistência parcial à ferrugem da folha do genitor UFRGS 910906 e das linhagens 211, 238, 241, 243, 245 e 249 permitem a expressão do seu potencial de rendimento de grãos quando em presença da moléstia estão apresentados na TABELA 10. Em 2002, dos sete materiais analisados, apenas a linhagem 238 não mostrou diferença significativa para rendimento de grãos nos tratamentos com e sem fungicida.

Em 2003, todas as linhagens apresentaram redução significativa no REND, em presença da moléstia. Contudo, a linhagem 238 apresentou a menor diferença (-32%) entre as linhagens analisadas. Assim, das 83 linhagens avaliadas, em 2002, apenas a linhagem 238 conseguiu manter o REND na presença da ferrugem da folha. A mesma linhagem apresentou, em 2003, a menor diferença entre os tratamentos com e sem fungicida para REND (TABELA 10).

TABELA 10. Comparação das médias de rendimento (REND) dos tratamentos com fungicida (COM F) e sem fungicida (SEM F) do genitor UFRGS 910906 e linhagens 211, 238, 241, 243, 245 e 249, em 2002 e 2003.

GENÓTIPO	2002			2003		
	REND	REND	% ^A	REND	REND	% ^A
	COM F	SEM F		COM F	SEM F	
211	3577	1581	-56**	4991	2027	-59**
238	2710	2108	-22 ^{NS}	5350	3627	-32*
241	3060	983	-68**	5245	2341	-55**
243	2573	1417	-45**	5675	3468	-39*
245	3119	948	-70**	6367	2749	-57**
249	2960	544	-82**	4991	2027	-59**
UFRGS910906	3090	659	-79**	5608	1818	-68**

** Diferença significativa a 1% pelo teste t; ^{NS} Não significativa.

^A Representa a proporção do rendimento de grãos que a linha não tratada com fungicida deixou de produzir em relação a linha tratada com fungicida.

O genitor UFRGS 910906, conforme já mencionado, não apresentou valores altos de ASCPD, mas também não obteve REND superiores, pois, em 2002, sem aplicação de fungicida, produziu apenas 659 kg.ha^{-1} , enquanto a linhagem 238 atingiu 2108 kg.ha^{-1} (uma diferença de 64%) e, em 2003, UFRGS 910906 produziu 1818 kg.ha^{-1} , enquanto a linhagem 211 alcançou 3637 kg.ha^{-1} (uma diferença de 50%).

Resultados semelhantes a estes foram obtidos para PH (TABELA 11). Todas as 83 linhagens analisadas apresentaram valores de PH, significativamente, mais baixos em presença de alta severidade da ferrugem da folha. Apesar disso, a linhagem 238 registrou a menor diferença (-30%) entre os tratamentos com e sem fungicida para PH, em 2002 e se manteve entre as linhagens com menor diferença (-18%), em 2003.

UFRGS 910906 também apresentou redução na qualidade de grãos, na presença de moléstia, apesar dos baixos valores de ASCPD. Esse genótipo apresentou, em 2002, um PH de 26,5, que comparado a 34,3, de UFRGS 7, representa uma diferença de 23%. Em 2003, UFRGS 910906 obteve um PH de 28,8, enquanto UFRGS 7 atingiu 42,3, registrando uma diferença de 32%.

4.3. Correlações

Duas ou mais variáveis estão correlacionadas quando as alterações sofridas por uma delas são acompanhadas por transformações nas demais. Estas mudanças podem estar relacionadas a fatores ambientais ou genéticos. A correlação genética é determinada inteiramente pelo genótipo, sem influência do ambiente. O sinal e a magnitude desta estimativa auxiliam o melhorista durante o processo de seleção.

TABELA 11. Comparação das médias do peso do hectolitro (PH) dos tratamentos com fungicida (COM F) e sem fungicida (SEM F) do genitor UFRGS 910906 e linhagens 211, 238, 241, 243, 245 e 249, em 2002 e 2003.

GENÓTIPO	2002			2003		
	PH	PH	% ^A	PH	PH	% ^A
	COM F	SEM F		COM F	SEM F	
211	47,6	26,9	-43**	48,5	39,9	-18**
238	43,4	30,3	-30**	48,6	40,0	-18**
241	46,7	22,6	-52**	46,7	34,8	-25**
243	45,4	26,4	-42**	45,2	38,8	-14**
245	46,4	22,6	-51**	47,6	38,8	-18**
249	44,7	24,8	-45**	49,2	35,3	-28**
UFRGS910906	47,0	26,5	-44**	46,6	28,8	-38**

** Diferença significativa a 1% pelo teste t;

^A Representa a proporção do rendimento de grãos que a linha não tratada com fungicida deixou de produzir em relação a linha tratada com fungicida.

Em 2002, as estimativas de correlação genotípica (r_{GE}) apresentaram valores que variaram de 0,96 a -0,98 (TABELA 12). O valor positivo (0,96) corresponde a r_{GE} de ASCPD x SM e o valor negativo (-0,98) diz respeito à r_{GE} de ASCPD x T12,5. Correlação negativa foi encontrada entre ASCPD x REND (-0,66), mostrando que linhagens com médias de ASCPD elevadas tendem a produzir menos. A r_{GE} apresentada por T12,5 x REND (0,74) reforça a informação anterior, pois um T12,5 mais longo representa tempo a mais para o enchimento dos grãos. As r_A de ASCPD x SM (0,76), ASCPD x T12,5 (-0,63), REND x FLOR (0,99) e REND x ESTAT (0,78) apresentaram valores significativos e reforçam a importância do ambiente (local e ano) na manifestação destas características.

Em 2003, as estimativas de correlação genotípica (r_{GE}) variaram de 0,96 a -0,85 (TABELA 13). Como em 2002, ASCPD apresentou alta correlação com SM (0,96) e T12,5 (-0,85). Os altos valores de r_{GE} apresentados por ASCPD

x SM, nos dois anos de análise, indicam uma forte associação entre estas duas estimativas da resistência parcial à ferrugem da folha. Em função disto, a seleção de genótipos com resistência parcial baseada no cálculo da ASCPD, que requer inúmeras leituras no campo, poderia ser substituída pela seleção baseada apenas na leitura da SM.

O REND, em 2003, apresentou r_{GE} intermediária e negativa com ASCPD (-0,62) e positiva com T12,5 (0,48), confirmando a tendência observada no ano anterior, onde as linhagens com resistência parcial à ferrugem da folha foram mais produtivas e levaram mais tempo para atingir 12,5% da SM (T12,5).

As estimativas de r_{GE} entre SM x REND, em 2002 (-0,54) e 2003 (-0,62) foram similares às apresentadas por ASCPD x REND, -0,66 (2002) e -0,62 (2003), reforçando a hipótese de utilização da SM para discriminar genótipos com resistência parcial, em substituição à ASCPD.

A presença de r_A significativas para ASCPD x SM (0,72) e ASCPD x T12,5 (-0,52), em 2003, reforçam a importância do ambiente (local e ano) na manifestação destas características e serve como alerta para que este tipo de análise seja feito com base em dados de dois ou mais anos.

4.4. Distribuição de frequências

Um dos princípios básicos mais importantes a ser explorado num programa de melhoramento é a variabilidade do caráter de interesse, pois altos níveis de diversidade permitem que o melhorista realize uma seleção mais refinada, aumentando as chances de obtenção de genótipos superiores.

TABELA 12. Correlações fenotípicas (r_{FE}), genotípicas (r_{GE}) e ambientais (r_A) das médias das linhagens entre resistência parcial e caracteres de interesse agrônomo avaliados nas parcelas não tratadas com fungicida, na EEA/UFRGS, em 2002.

VARIÁVEIS	r_{FE}	r_{GE}	r_A
ASCPD x SM	0,92 **	0,96 **	0,76 **
ASCPD x T12,5	-0,87 **	-0,98 **	-0,63 **
ASCPD x REND	-0,49 **	-0,66 **	-0,14 ^{NS}
ASCPD x PH	-0,32 **	-0,34 **	-0,29 ^{NS}
ASCPD x FLOR	-0,12 ^{NS}	-0,10 ^{NS}	-0,24 ^{NS}
ASCPD x ESTAT	-0,32 **	-0,47 **	-0,08 ^{NS}
SM x T12,5	-0,76 **	-0,93 **	-0,37 **
SM x REND	-0,40 **	-0,54 **	-0,09 ^{NS}
SM x PH	-0,10 ^{NS}	-0,23 ^{NS}	-0,10 ^{NS}
SM x FLOR	-0,27 ^{NS}	-0,30 **	-0,16 ^{NS}
SM x ESTAT	-0,31 **	-0,48 **	0,01 ^{NS}
T12,5 x REND	0,51 **	0,74 **	0,11 ^{NS}
T12,5 x PH	0,35 **	0,46 **	0,19 ^{NS}
T12,5 x FLOR	0,01 ^{NS}	-0,03 ^{NS}	0,17 **
T12,5 x ESTAT	0,22 ^{NS}	0,40 **	-0,05 ^{NS}
REND x PH	0,70 **	0,90 **	0,44 **
REND x FLOR	0,29 **	0,40 **	0,99 **
REND x ESTAT	0,79 **	0,80 **	0,78 **
PH x FLOR	-0,33 **	-0,47 **	0,11 ^{NS}
PH x ESTAT	0,10 ^{NS}	0,20 ^{NS}	-0,05 ^{NS}
FLOR x ESTAT	0,04 ^{NS}	0,08 ^{NS}	-0,07 ^{NS}

** Significativo a 1% pelo teste t; ^{NS} Não Significativo.

TABELA 13. Correlações fenotípicas (r_{FE}), genotípicas (r_{GE}) e ambientais (r_A) das médias das linhas entre resistência parcial e caracteres de interesse agrônomo avaliados nas parcelas não tratadas com fungicida, na EEA/UFRGS, em 2003.

VARIÁVEIS	r_{FE}	r_{GE}	r_A
ASCPD x SM	0,88 **	0,96 **	0,72 **
ASCPD x T12,5	-0,70 **	-0,85 **	-0,52 **
ASCPD x REND	-0,53 **	-0,62 **	-0,38 **
ASCPD x PH	-0,32 **	-0,19 ^{NS}	-0,57 **
ASCPD x FLOR	-0,32 **	-0,41 **	0,01 ^{NS}
ASCPD x ESTAT	-0,20 ^{NS}	-0,41 **	0,08 ^{NS}
SM x T12,5	-0,39 **	-0,69 **	-0,01 ^{NS}
SM x REND	-0,52 **	-0,62 **	-0,33 **
SM x PH	-0,34 **	-0,25 ^{NS}	-0,51 **
SM x FLOR	-0,32 **	-0,41 **	0,01 ^{NS}
SM x ESTAT	-0,14 ^{NS}	-0,33 **	0,12 ^{NS}
T12,5 x REND	0,35 **	0,48 **	0,21 ^{NS}
T12,5 x PH	0,20 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,27 ^{NS}
T12,5 x FLOR	0,16 ^{NS}	0,26 ^{NS}	-0,03 ^{NS}
T12,5 x ESTAT	0,22 ^{NS}	0,40 **	-0,05 ^{NS}
REND x PH	0,51 **	0,69 **	0,23 ^{NS}
REND x FLOR	0,27 ^{NS}	-0,34 **	-0,02 ^{NS}
REND x ESTAT	0,14 ^{NS}	0,08 ^{NS}	0,23 ^{NS}
PH x FLOR	-0,45 **	-0,56 **	-0,14 ^{NS}
PH x ESTAT	-0,08 ^{NS}	0,01 ^{NS}	-0,19 ^{NS}
FLOR x ESTAT	0,35 **	0,53 **	-0,04 ^{NS}

** Significativo a 1% pelo teste t; ^{NS} Não Significativo.

A variabilidade de uma população pode ser analisada através da discriminação dos indivíduos em classes e a disposição destes dados na forma de gráficos facilita a interpretação e análise. A distribuição de frequências é uma forma de apresentação gráfica muito utilizada para ilustrar o comportamento de uma população.

Distribuição contínua foi observada para ASCPD, SM e T12,5 nos dois anos de avaliação (FIGURAS 11, 12 e 13). Na FIGURA 11 é possível observar que, em 2002, houve uma maior concentração de linhagens com médias de ASCPD um pouco abaixo e um pouco acima da média geral (307). Em 2003, porém, houve um deslocamento das médias das linhagens para valores próximos e acima da média da população (432). As médias dos genitores UFRGS 7 (52,6) e UFRGS 910906 (71,5), em 2002, ficaram próximas e com valores abaixo da média geral (307). Em 2003, as médias de ASCPD de UFRGS 7 (250) e UFRGS 910906 (253), foram similares e também ficaram abaixo da média geral (443).

A distribuição de frequências da SM (FIGURA 12) mostra que a população apresentou variação para o caráter e algumas linhagens mostraram boa capacidade para resistir à ferrugem da folha, pois ficaram com baixos valores de SM. O tempo para que 12,5% da SM fosse atingida, em 2003, foi mais longo (20 dias), quando comparado com 2002 (7 dias), conforme FIGURA 13.

De maneira geral, as 83 linhagens apresentaram variabilidade para as estimativas da resistência parcial ASCPD, SM e T12,5.

As FIGURAS 14 e 15 mostram o comportamento das 83 linhagens para o caráter REND e seu desempenho quando submetidas aos tratamentos com e sem fungicida. Os rendimentos de grãos foram mais altos quando as linhagens foram tratadas com fungicida e mais modestos quando seu cultivo foi feito na

presença da ferrugem da folha. Contudo, a variabilidade para REND se manifestou, em ambos os tratamentos, de forma contínua e com amplitudes de variação similares. O genitor UFRGS 7 obteve, em 2002 e 2003, rendimentos superiores àqueles de UFRGS 910906 nos tratamentos com e sem fungicida, pois apresenta potencial para produção de grãos mais elevado.

As FIGURAS 16 e 17 mostram o comportamento das 83 linhagens para o caráter PH e seu desempenho quando submetidas aos tratamentos com e sem fungicida. O PH foi superior quando as linhagens foram tratadas com fungicida. Na presença da ferrugem da folha as médias de PH dos materiais, nos dois anos, foram menores e a amplitude de variação entre os extremos aumentou, indicando a presença de variabilidade para o caráter. O PH do genitor UFRGS 7 foi superior nos dois anos e tratamentos.

4.5. Herdabilidade

A estimativa da herdabilidade é de fundamental importância para se obter sucesso na seleção de variedades superiores. A herdabilidade pode ser calculada no sentido amplo e restrito. No sentido amplo, a variância genética analisada engloba a aditividade, a dominância e a epistasia do caráter. No sentido restrito apenas a variância aditiva é considerada.

O cálculo das estimativas da herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) dos parâmetros da resistência parcial, REND e PH apresentou valores médios e altos (TABELA 14).

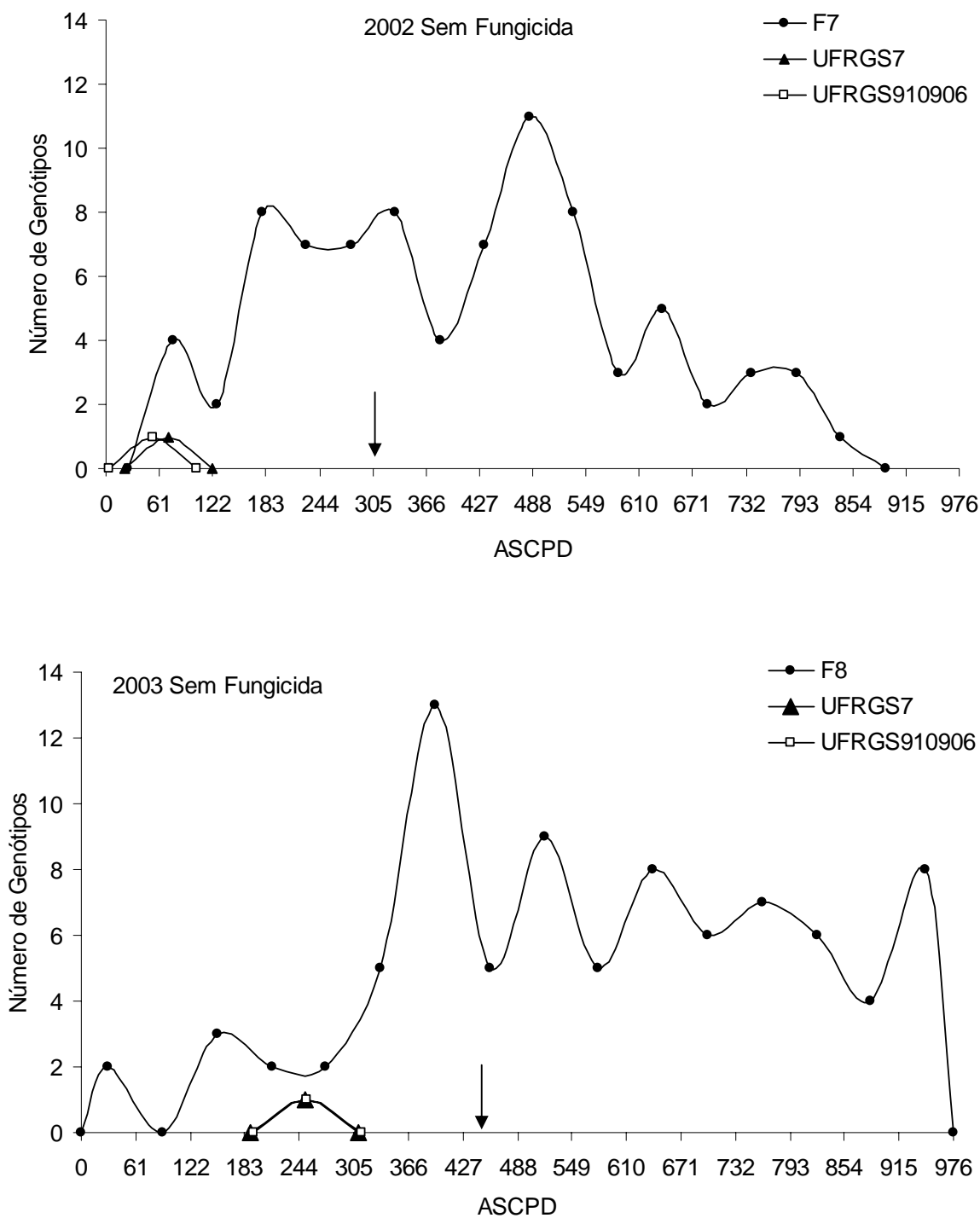


FIGURA 11. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para área sob a curva do progresso da doença (ASCPD). Eldorado do Sul (RS), 2002 e 2003. As setas indicam as médias gerais da ASCPD de 2002 (307) e de 2003 (432).

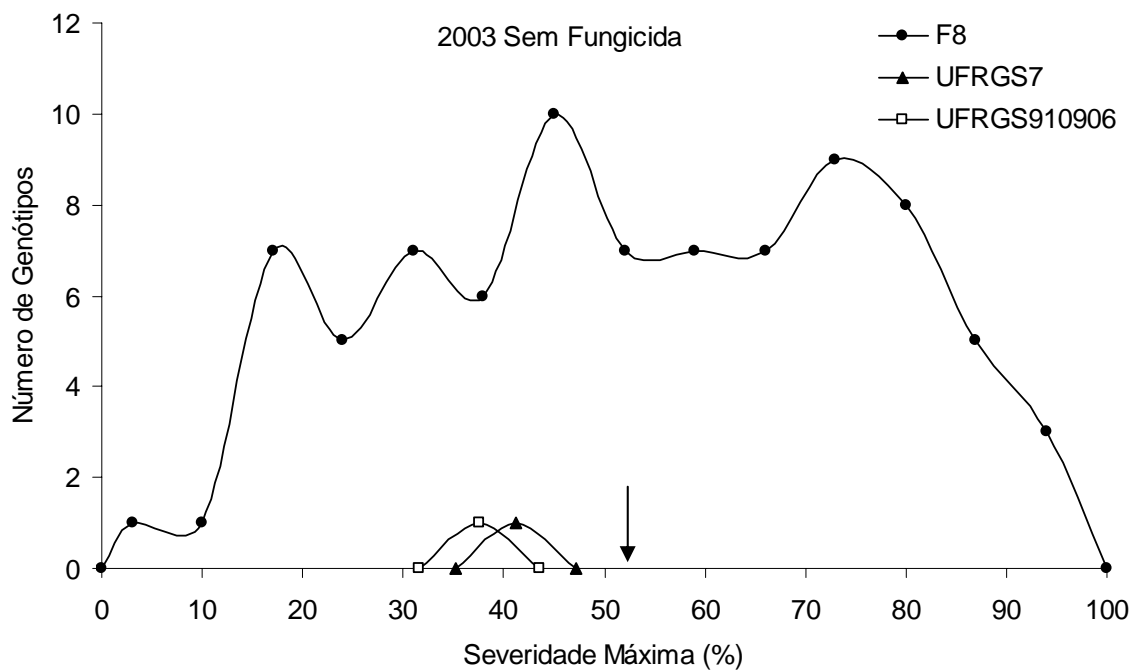
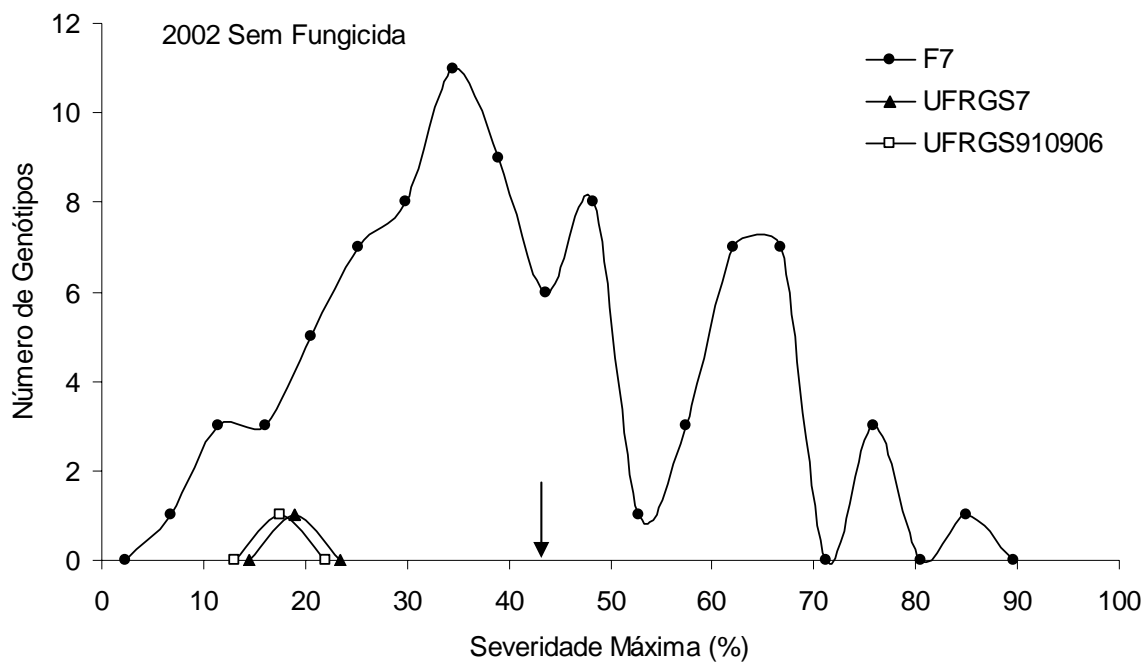


FIGURA 12. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para severidade máxima (SM). Eldorado do Sul (RS), 2002 e 2003. As setas indicam as médias gerais da SM de 2002 (42) e de 2003 (52).

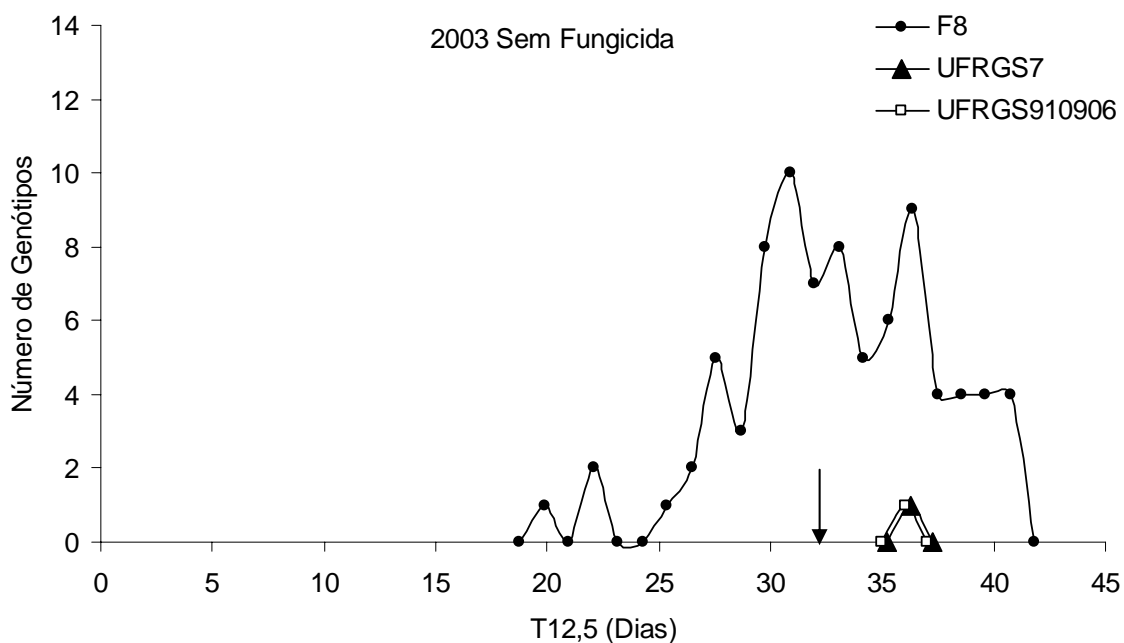
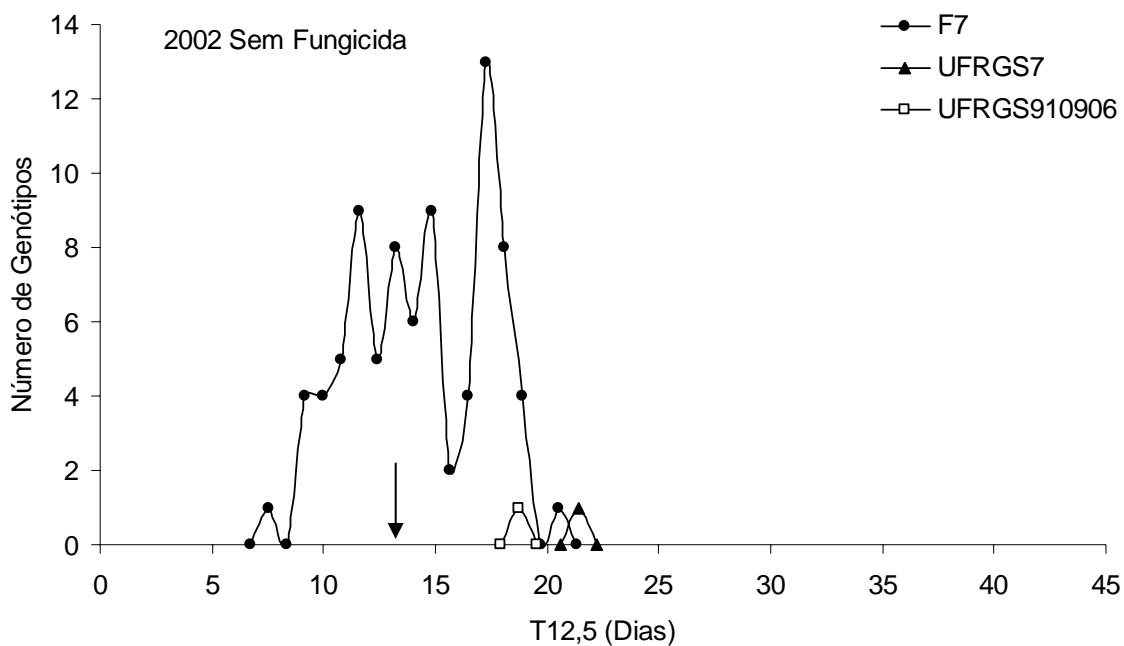


FIGURA 13. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para T12,5. Eldorado do Sul (RS), 2002 e 2003. As setas indicam as médias gerais da T12,5 de 2002 (14) e de 2003 (33).

TABELA 14. Herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) da ASCPD, SM, T12,5, REND e PH estimada, segundo Vencovsky & BARRIGA (1992).

	$V_{\text{Linhagens}}$	V_{χ}	h^2_a
ASCPD	27,51	3,99	0,87
SM	312,00	51,38	0,86
T12,5	9,10	2,81	0,76
REND	2571332,38	18041,68	0,99
PH	0,88	0,49	0,64

4.6. Identificação de QTLs

A seleção de genótipos superiores para características quantitativas fica dificultada pela interferência e influência dos efeitos do ambiente. Uma maneira de aumentar o sucesso durante o processo de seleção é a utilização de técnicas que permitam realizar a seleção através do acesso direto ao DNA dos indivíduos que compõem a população estudada.

O uso de marcadores moleculares para localizar regiões genômicas associadas às características quantitativas (QTLs) tem sido amplamente empregado pelos programas de melhoramento de todo o mundo. O Programa de Melhoramento de Aveia da Faculdade de Agronomia da UFRGS estuda QTLs para resistência parcial à ferrugem da folha, desde 1995. Este trabalho está inserido nesta trajetória histórica e estudou a população $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ do cruzamento entre UFRGS 7 X UFRGS 910906 na busca de QTLs para resistência parcial.

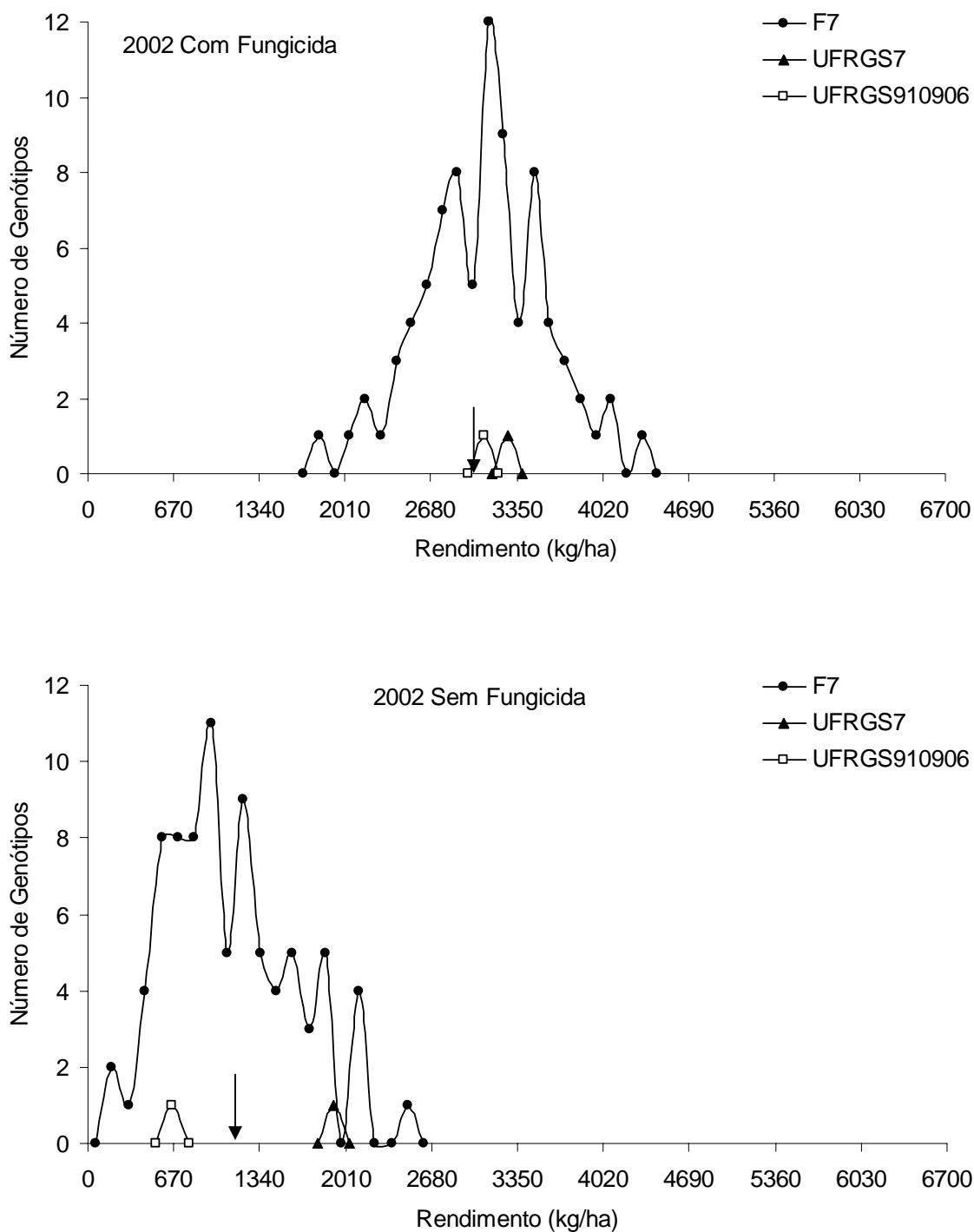


FIGURA 14. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:7}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para rendimento de grãos com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2002. As setas indicam as médias gerais do REND de 2002 com (3094) e sem (1113) fungicida.

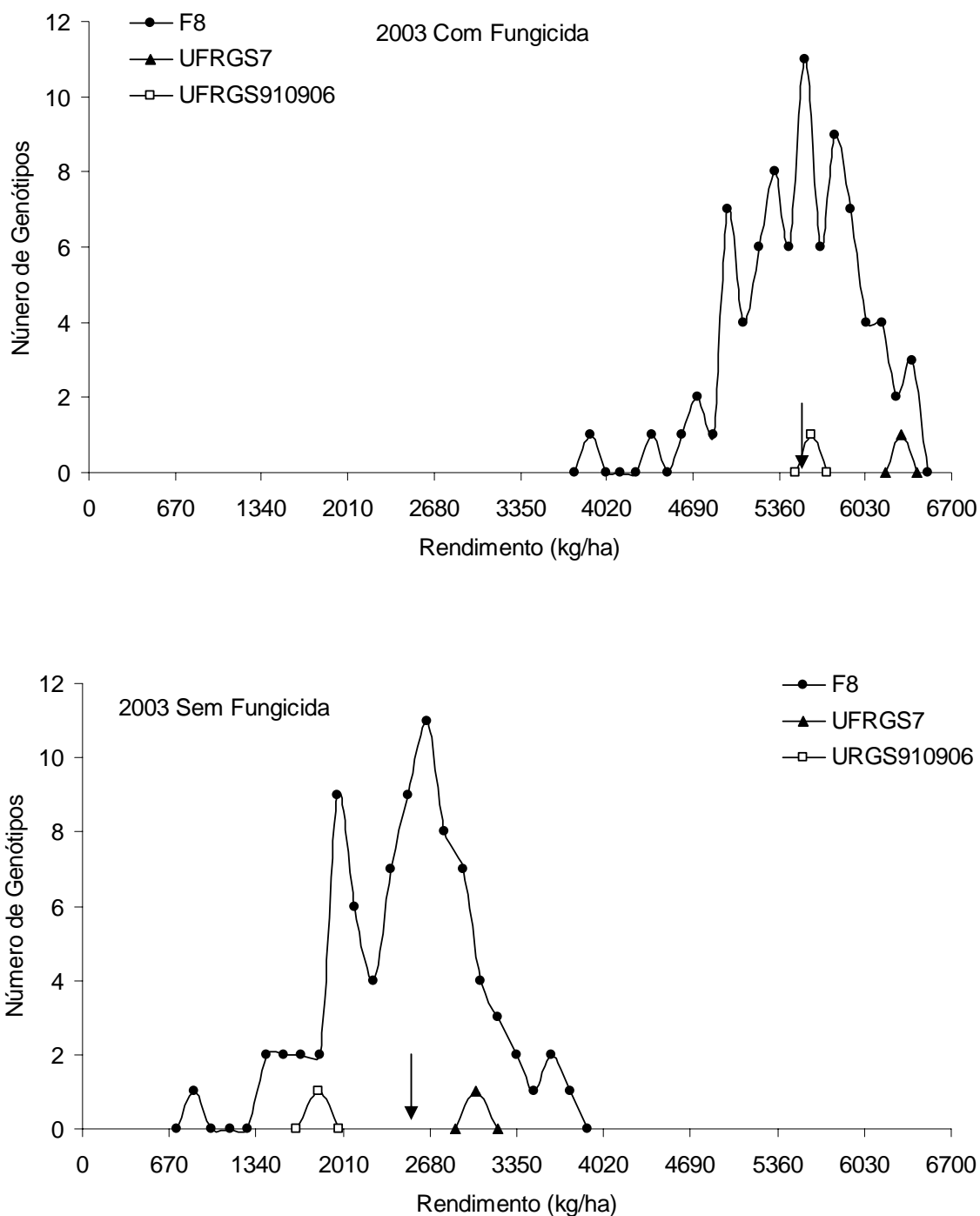


FIGURA 15. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:8}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para rendimento de grãos com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2003. As setas indicam as médias gerais do REND de 2003 com (5538) e sem (2500) fungicida.

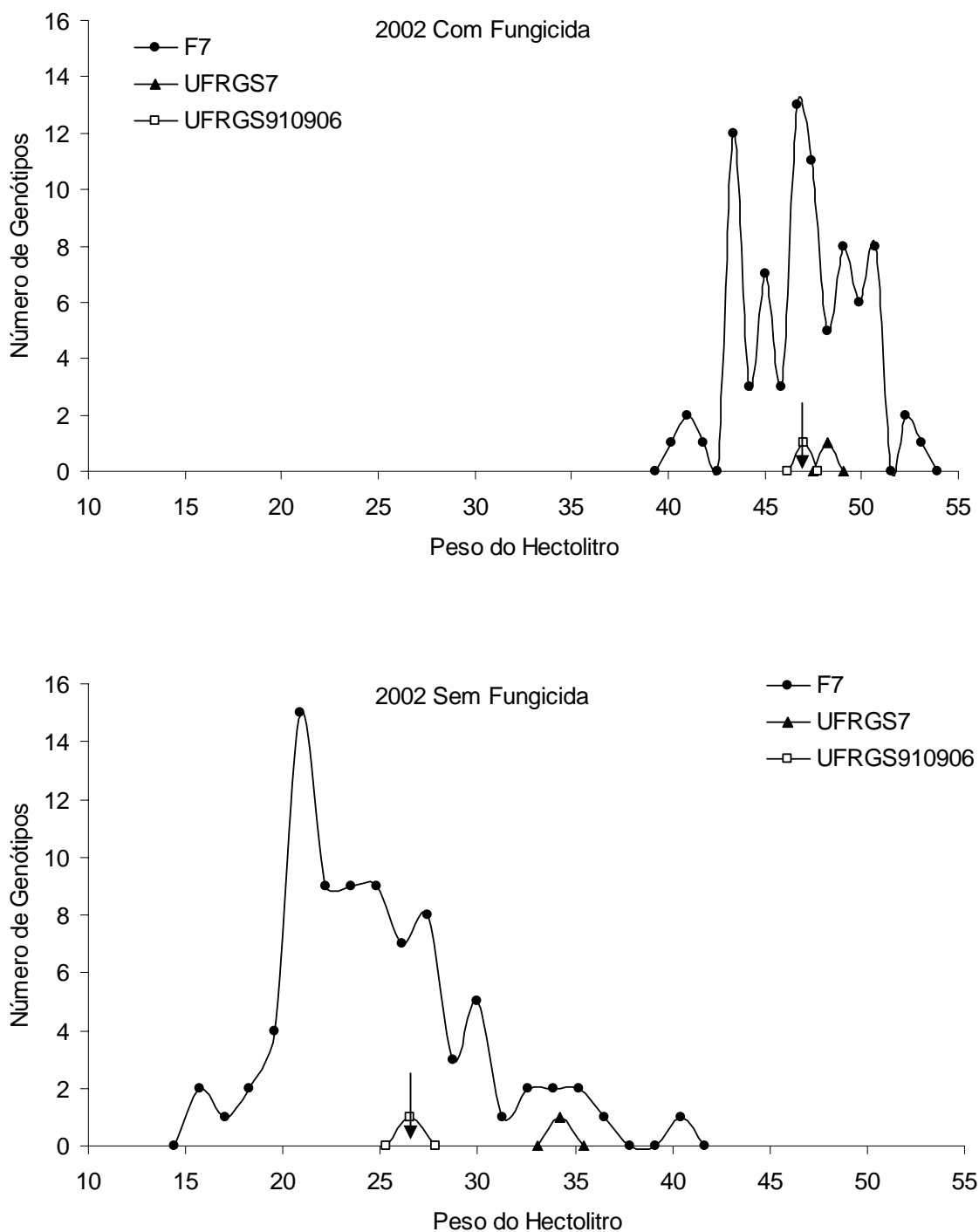


FIGURA 16. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:7}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para peso do hectolitro com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2002. As setas indicam as médias gerais do PH de 2002 com (47) e sem (26) fungicida.

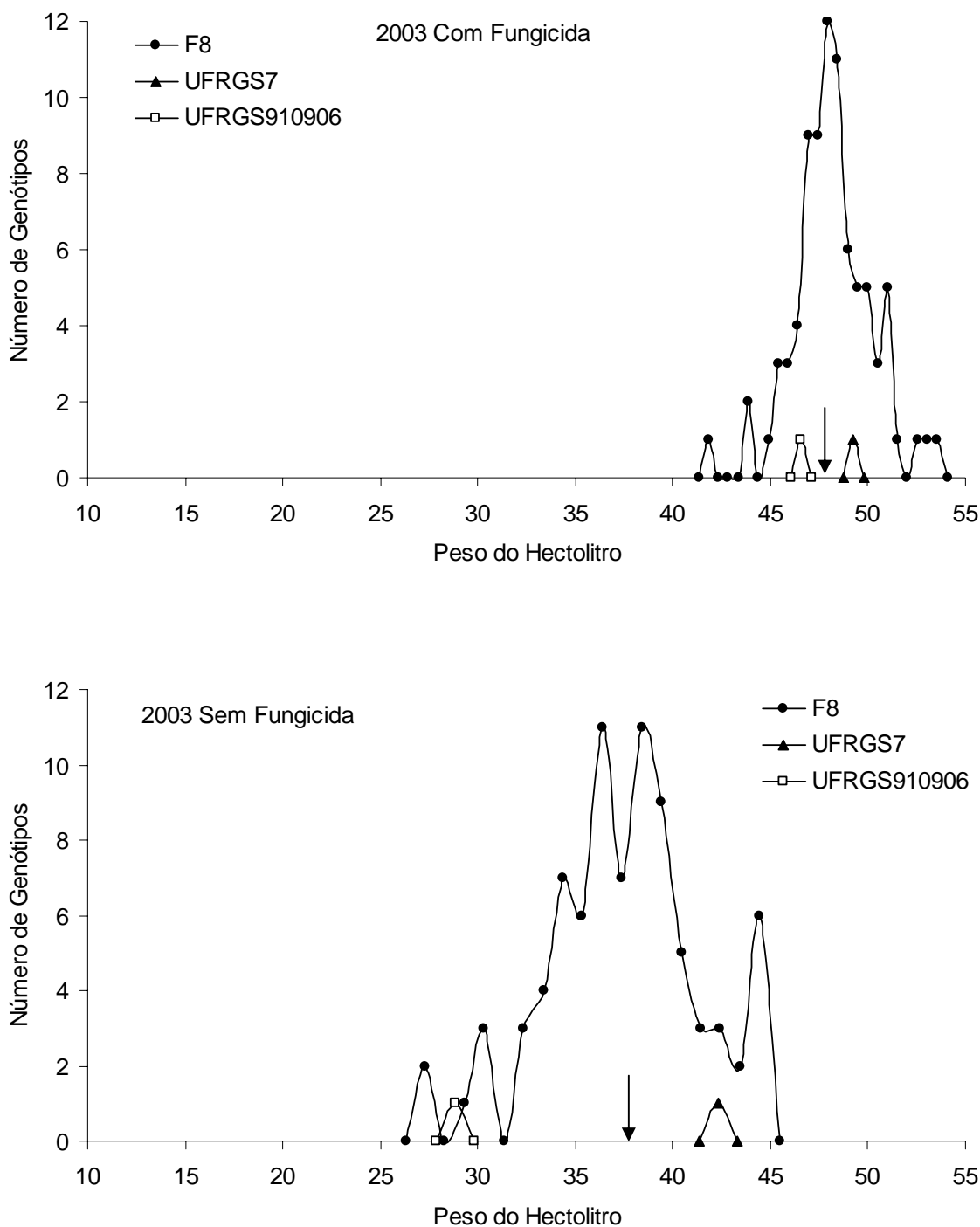


FIGURA 17. Distribuições de freqüências da população de linhagens $F_{6:8}$ de UFRGS 7 X UFRGS 910906 e médias dos genitores para peso do hectolitro com e sem fungicida. Eldorado do Sul (RS), 2003. As setas indicam as médias gerais do PH de 2003 com (48) e sem (37) fungicida.

Seis QTLs distintos foram identificados para as características ASCPD, SM e T12,5, avaliadas com base em parcelas experimentais, nos dois anos de estudo, utilizando como base o mapa de AFLP desenvolvido por Barbosa (2002). Esses QTLs ficaram concentrados em três grupos de ligação, os de número 1, 7 e 9 (TABELA 15). O maior número de QTLs foi identificado, em 2002, para ASCPD e T12,5.

O primeiro QTL para ASCPD foi identificado no grupo de ligação 7, próximo ao marcador *PacMcc349* e apresentou um LOD de 2,43, aditividade de 0,49 e dominância de 7,43. Este QTL explicou 37,3% da variação e apresentou-se em associação à resistência parcial à ferrugem da folha. Esse QTL também foi identificado para as características SM e T12,5, em 2002. Os outros quatro QTLs para ASCPD foram localizados no grupo de ligação 9, sendo que o segundo QTL ficou próximo do marcador *PgaMac450*, o terceiro de *PaaMga57*, o quarto de *Paatt340* e o quinto de *PttMga213*. O segundo QTL apresentou um LOD de 3,57, aditividade de 4,44, dominância de -1,31 e explica 28,5% da variação. Esse QTL também foi identificado para as características SM e T12,5, em 2002 e T12,5, em 2003. O terceiro QTL teve um LOD de 2,31, aditividade de 4,77, dominância de -5,17 e explica 27,7% da variação. Esse QTL também foi identificado para ASCPD e T12,5, em 2003. Por fim, o quinto QTL apresentou um LOD de 2,84, aditividade de 4,76, dominância de -4,23 e explica 28,1% da variação. Esse QTL também foi identificado para T12,5, em 2002 e 2003. Estes cinco QTLs também se apresentaram associados à resistência parcial.

TABELA 15. QTLs (*Quantitative Trait Loci*) identificados com linhagens F_{6:7} e F_{6:8} de UFRGS7 x UFRGS 910906 para resistência parcial à ferrugem da folha em aveia avaliada através da área sob o progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e tempo em dias para atingir 12,5% da SM (T12,5) em 2002 e 2003, na EEA/UFRGS, em parcelas experimentais.

QTL	GL ¹	Marcadores no intervalo	Tamanho Intervalo (cM)	Posição QTL em relação ao intervalo (cM)	A ²	D ³	Variação (%)	LOD ⁴
ASCPD 2002								
1	7	PacMcc349–PaaMac533	44,0	4	0,49	7,43	37,3	2,43
2	9	PgaMac450– PaaMga57	32,4	0	4,44	-1,31	28,5	3,57
3	9	PaaMga57 – PaaMtt340	37,6	36	4,57	-5, 17	27,7	2,31
4	9	PaaMtt340 – PttMga213	25,9	24	4,73	-5,22	26,2	2,48
5	9	PttMga213 – PtaMga247	26,0	24	4,76	-4, 23	28,1	2,84
SM 2002								
1	7	PacMcc349–PaaMac533	44,0	10	-0,32	24,4	47,2	2,43
2	9	PgaMac450– PaaMga57	32,4	0	13,8	-5,70	29,1	3,21
T12,5 2002								
6	1	PaaMac600-PaaMac260	37,1	26	1,49	-5,48	49,0	3,01
1	7	PacMcc349–PaaMac533	44,0	10	-0,35	-4, 86	57,3	2,58
2	9	PgaMac450– PaaMga57	32,4	6	-2,49	0,20	32,6	3,88
4	9	PaaMtt340 – Pttga213	25,9	24	-2,47	2,91	27,1	2,49
5	9	PttMga213 – PtaMga247	26,0	24	-2,48	2,44	28,8	2,81
ASCPD 2003								
3	9	PaaMga57 – PaaMtt340	37,6	30	2,89	2, 17	18,1	2,27
4	9	PaaMtt340 – PttMga213	25,9	2	2,66	1,51	13,1	2,20
T12,5 2003								
2	9	PgaMac450– PaaMga57	32,4	14	-4,19	1,24	35,6	3,40
3	9	PaaMga57 – PaaMtt340	37,6	16	-4,14	1,27	32,1	2,74
5	9	PttMga213 – PtaMga247	26,0	24	-4,12	3,51	29,3	2,66

¹ GL = grupo de ligação conforme em Barbosa (2002).

² A = aditividade

³ D = dominância

⁴ Log da taxa de probabilidade de haver ou não um QTL em um ponto particular

5. DISCUSSÃO

A resistência parcial à ferrugem da folha em aveia tem sido objeto de estudo pelo Grupo de Pesquisa “Melhoramento Genético dos Cereais de Inverno”, desde 1995. A pesquisa desenvolvida nos últimos 10 anos permitiu identificar genótipos de aveia com resistência parcial, entre eles UFRGS 910906, cuja resistência foi o foco do presente trabalho. Trabalhos anteriores visando o estudo das bases genéticas dessa fonte de resistência foram conduzidos com avaliações baseadas em plantas individuais (Thomé, 1999) ou em médias de linhagens calculadas a partir de plantas individuais (Barbosa, 2002). Isso ocorreu devido à natureza das gerações segregantes (F_2 a F_6 , RC_1F_1 e RC_2F_1) do cruzamento UFRGS 910906 X UFRGS 7 disponíveis e utilizadas na ocasião dos referidos estudos. Devido à estabilidade da resistência parcial presente em UFRGS 910906, houve interesse em obter linhas recombinantes avançadas do cruzamento UFRGS 910906 x UFRGS 7 com quantidade de sementes por linha suficiente para avaliações em parcelas e mais ambientes. O presente trabalho se beneficiou da disponibilidade de tal material genético para atingir os objetivos propostos de investigar o desempenho da resistência parcial de UFRGS 910906 em suas progênes, em parcelas, em dois anos. Também estudou o efeito dessa resistência em características de rendimento e qualidade de grãos de aveia, que requerem avaliação em parcelas.

A variabilidade encontrada para ASCPD entre as linhagens $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ avaliadas, em parcelas, foi similar àquela descrita por Barbosa (2002) nas gerações F_5 e F_6 avaliadas com base na média de plantas individuais. As diferenças encontradas na amplitude de variação de F_5 e F_6 para $F_{6:7}$ e $F_{6:8}$ podem ser explicadas pela forte variação ano a ano, também responsável pela significativa interação genótipo x ambiente detectada no presente estudo. Thomé (1999), Barbosa (2002) e Chaves et al. (2004a) também relataram interação genótipo x ano significativa para os parâmetros resistência parcial à ferrugem da folha. Essa é uma propriedade da natureza genética quantitativa da resistência parcial de UFRGS 910906 e parece manifestar-se independentemente da avaliação com base em plantas individuais como em Thomé (1999) e Barbosa (2002) ou parcelas como em Chave et al. (2004a) e no presente estudo.

As outras características, como SM e T12,5, utilizadas para avaliar a resistência parcial no presente estudo, em parcelas, também permitiram diferenciar as linhagens, além de terem sido afetadas pela interação genótipo x ano. Os resultados de SM foram similares àqueles descritos por Thomé (1999) e Barbosa (2002). Pacheco (2004) estudando o comportamento de populações de aveia com resistência parcial, após alguns ciclos de seleção recorrente, no Meio-Oeste dos EUA, encontrou valores para SM, variando de 33% a 72%. Valores mais baixos de SM identificados para algumas das linhagens da população de UFRGS 910906 x UFRGS 7 revelam o potencial da mesma para o melhoramento para resistência parcial em aveia e que algumas linhagens possuem boa capacidade para resistir às condições de permanente infecção e alta severidade da ferrugem da folha existentes na região Sul do Brasil.

O tempo para atingir 12,5% da SM foi, em 2003, em média maior em quase duas semanas, apesar da SM ter sido aproximada nos dois anos. A linhagem 283, em 2003, apresentou SM de 92,5 e T12,5 de 27,4. Em 2002, a linhagem 258 apresentou SM de 85,0 e T12,5 de 7,7. Comparando os dois valores de T12,5 observa-se que foram necessárias quase três semanas a mais para atingir 12,5% da SM. Os dados de precipitação e temperatura máxima não evidenciam diferenças significativas durante o período de avaliação nos dois anos (APÊNDICE 1). É possível que uma predominância de temperaturas mínimas mais baixas, em 2003, possa ter atrasado T12,5%. Outra explicação para a diferença observada, nos dois anos, para T12,5% é o fato do experimento, em 2002, ter sido localizado entre outros dois blocos experimentais de aveia onde as plantas estavam em estádios mais avançados de desenvolvimento. Provavelmente estas plantas serviram de fonte de inóculo da ferrugem da folha para as parcelas deste estudo. No entanto, o atraso no tempo para atingir 12,5% da SM, observado em 2003, não representou menor nível de dano da moléstia até o final do ciclo.

Segregação transgressiva foi observada no presente estudo, revelada pela identificação de linhagens com valores menores de ASCPD e SM, e maiores de T12,5 do que UFRGS 910906, o que também foi relatado por Barbosa (2002), analisando outras gerações da mesma população. A ocorrência de segregação transgressiva tem como uma das causas principais o acúmulo de alelos complementares herdados dos genitores, segundo Tanksley (1993).

Analisando as médias de ASCPD dos genitores UFRGS 7 e UFRGS 910906 percebe-se um comportamento similar entre eles nos dois anos de avaliação. Valores tão próximos de ASCPD, contudo, não eram esperados, pois

UFRGS 7 e UFRGS 910906 foram escolhidos como genitores para desenvolver a população deste estudo por serem contrastantes em relação a suscetibilidade à ferrugem da folha. UFRGS 7 se mostrou altamente suscetível em anos anteriores, o que concorda com o registro de Martinelli et al. (1994), e UFRGS 910906 mostrou-se parcialmente resistente, pois apresentou, por vários anos, baixos valores de ASCPD, com exceção de 1998, quando as condições ambientais foram muito favoráveis à ferrugem da folha.

Apesar do genitor suscetível UFRGS 7 ter apresentado valores baixos de ASCPD não significa que ocorreram condições desfavoráveis à ferrugem da folha, nos dois anos do estudo, pois as médias de ASCPD das linhagens 258 e 204, alcançando valores de 887 e 921, respectivamente, foram bem altas e comprovam a presença de grande quantidade de inóculo no campo. A provável causa de UFRGS 7 apresentar baixos valores de ASCPD foi a substituição das raças virulentas de *P. coronata*, em consequência da diminuição da área cultivada de UFRGS 7, na região Sul do Brasil. A substituição de raças virulentas de *P. coronata*, em genótipos de aveia com resistência completa (caso da UFRGS 7), foi demonstrada por Brière & Kushalappa (1995). Também segundo Prabhu & Morais (1993), os níveis de moléstia nas plantas podem variar devido às alterações na frequência da população do patógeno.

Por sua vez, o genitor com resistência parcial UFRGS 910906 apresentou um comportamento constante ao longo dos oito anos de avaliação, com exceção de 1998, quando condições meteorológicas favoreceram o desenvolvimento da ferrugem da folha. O comportamento de UFRGS 910906 similar, em vários anos, indica que este genótipo possui resistência parcial à ferrugem da folha, pois baixos valores de ASCPD foram considerados por

Parlevliet & Ommeren (1988), como um bom indicador de resistência parcial nos cereais. Ainda é importante ressaltar que valores semelhantes de ASCPD foram obtidos para UFRGS 910906 independente das avaliações terem sido feitas com base na média de plantas como em Thomé (1999) e Barbosa (2002) ou na base da média de parcelas como Chaves (2001) e no presente trabalho.

A forte interação entre os fatores genótipo, ano e fungicida observada no presente trabalho está de acordo com o que tem sido relatado na literatura. Federizzi et al. (1993), avaliando 20 genótipos de aveia quanto à estabilidade de rendimento, mostraram a ocorrência de forte interação genótipo x ambiente. Interação genótipo x ano significativa para alguns dos caracteres aqui analisados também foi relatada por inúmeros estudos registrados pela Comissão Brasileira de Pesquisa de Aveia, entre os anos de 1998 e 2004.

Em ambos os anos, nas parcelas onde foi aplicado fungicida para controlar a ferrugem da folha da aveia, o REND dos genitores e das linhagens superou o desempenho registrado pelos mesmos materiais nas parcelas não tratadas com fungicida, comprovando a eficiência da prática do controle químico da ferrugem da folha na produção de grãos (Federizzi et al., 1993; Martinelli et al., 1994, Federizzi et al., 1995). O mesmo ocorreu para PH, evidenciando a eficiência da prática do controle químico da ferrugem da folha na produção de grãos com qualidade superior como descrito na literatura (Forcelini & Fabris, 2000; Holland & Munkvold, 2001; Chaves et al., 2002).

A redução significativa no REND e PH, observada na comparação de parcelas expostas à ferrugem da folha com as tratadas com fungicida de um mesmo genótipo, indica que o nível de proteção conferido pela fonte de resistência parcial proveniente de UFRGS 910906 não é suficiente para evitar

perdas significativa de rendimento e qualidade de grãos em genótipos de aveia portadores dessa resistência em presença abundante do inóculo. Dessa forma, o uso dessa fonte de resistência parcial no melhoramento de aveia, implica na necessidade de se combinar os genes que controlam essa com outros que permitam aumentar os níveis de resistência parcial e conferir um nível de proteção que minimize os efeitos da moléstia, no rendimento e qualidade de grãos. O uso direto dessa fonte de resistência para a obtenção de novas variedades, provavelmente, implicará na necessidade de ao menos uma aplicação de fungicida, no cultivo das mesmas. O manejo integrado que combine uso de variedades de aveia com resistência parcial associado ao emprego de fungicida, quando necessário, pode ser uma forma de conviver com a alta variabilidade e complexidade das raças do fungo *P. coronata*, na região Sul do Brasil.

O fato do genitor suscetível UFRGS 7 ter apresentado, nos dois anos de avaliação, PH superior ao genitor com resistência parcial UFRGS 910906, pode estar relacionado à forma dos grãos dos genitores. Como UFRGS 7 tem grãos pequenos espera-se que uma melhor acomodação ocorra no interior do cilindro hectolítrico. A superioridade de UFRGS 7, em relação ao PH, também pode estar relacionada ao fato das raças virulentas deste genitor estarem em baixa frequência e mais fotoassimilados terem sido direcionados para o enchimento de grãos do que UFRGS 910906, o qual se mostrou parcialmente resistente à ferrugem da folha, provavelmente, às custas de parte dos produtos da fotossíntese.

Ainda em busca de determinar o potencial da resistência parcial presente em UFRGS 910906, para o desenvolvimento de genótipos superiores de

aveia, foram investigadas as correlações desta característica com REND, FLOR e ESTAT. Correlações negativas, de valores intermediários, encontradas entre REND e os parâmetros da resistência parcial estudados, foram similares àqueles descritos na literatura. Holland & Munkvold (2001), estudando a resistência parcial em populações segregantes de aveia branca, encontraram correlação de -0,58 entre REND e ASCPD. Díaz-Lago et al. (2002) analisando a resistência parcial em populações de aveia conduzidas por seleção recorrente, encontraram correlação genotípica de -0,50 entre REND e ASCPD. Os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que é possível desenvolver genótipos de aveia superiores que combinem rendimento superior e resistência parcial à ferrugem da folha.

Correlações não significativas ou baixas, entre FLOR a resistência parcial, indicam que a precocidade não está relacionada à expressão dessa fonte de resistência em aveia, apesar de ter sido observada uma diferença de mais de três semanas entre o primeiro e o último genótipo a florescer, nesta população. Pacheco (2004) encontrou correlações significativas entre essas duas características em populações de seleção recorrente de aveia. Essas relações, contudo, podem ser propriedade das fontes de resistência parcial em questão.

Comportamento similar foi observado para ESTAT em relação à resistência parcial à ferrugem da folha de UFRGS 910906. Esses resultados indicam que essa fonte de resistência parcial, em aveia, pode ser combinada com outras características como precocidade e baixa estatura de plantas no desenvolvimento de variedades de aveia.

As correlações altas e significativas encontradas entre ASCPD, SM e T12,5%, no presente estudo, indicam ainda que a avaliação de uma dessas

características irá refletir nas demais. Das três, a SM é a mais fácil de ser obtida, pois implica em apenas uma avaliação, necessitando as demais de acompanhamento no decorrer do ciclo da cultura. Isso pode gerar um volume de avaliações difícil de manejar no caso de aplicação de ASCPD ou T12,5% no dia-a-dia de um programa de melhoramento de aveia. Assim, SM seria a característica de mais fácil implementação no programa de melhoramento de aveia da UFRGS para identificar genótipos com resistência parcial. Xu et al. (2005 ab), em trabalho com resistência do tipo progresso lento da doença para ferrugem da folha em trigo chegaram a mesma conclusão, recomendando a seleção para severidade final como critério de seleção na busca de genótipos de trigo com esse tipo de resistência.

A herança genética de natureza quantitativa da resistência parcial à ferrugem da folha de UFRGS 910906, com base em avaliações de parcelas, foi mais uma vez evidenciada, no presente trabalho, em conformidade com os resultados de Thomé (1999) e Barbosa (2002). Apesar disso, as herdabilidades encontradas, no presente estudo, foram moderadas a altas, também em concordância com Barbosa (2002) que, avaliando a ASCPD de linhagens do cruzamento UFRGS 7 X UFRGS 910906, registrou valores de h^2_a de 94%, na F_5 e 95%, na F_6 . Esta autora, contudo, avaliando as populações segregantes F_2 , F_3 e F_4 do mesmo cruzamento, obteve valores de h^2_a de 27%, 23% e 25%, respectivamente. No presente trabalho, as estimativas de herdabilidade para ASCPD foram mais baixas que àquelas obtidas por Barbosa (2002), provavelmente em função da forma de cálculo da mesma. O comportamento apresentado pelos representantes da população de UFRGS 7 X UFRGS 910906 analisados, parece indicar que a seleção para resistência parcial à ferrugem da

folha, através da ASCPD, deve ser realizada em gerações mais avançadas, pois a herdabilidade no sentido amplo aumentou nesta direção. Thomé (1999) analisando a resistência parcial, através da estimativa da ASCPD, de linhas segregantes dos cruzamentos UFRGS 7 X UFRGS 910906, UFRGS 7 X UFRGS 922003 e UFRGS 910906 X UFRGS 922003 concluiu que a seleção nas gerações iniciais fica dificultada pelos altos valores de variância de dominância apresentados.

Holland & Munkvold (2001), estudando linhas F_4 de aveia branca com resistência parcial à ferrugem da folha e bom potencial de rendimento, encontraram estimativas de herdabilidade para ASCPD de 0,57 (com base na parcela) e de 0,89 (com base na média dos genótipos). Díaz-Lago et al. (2002), avaliando populações de aveia com resistência parcial à ferrugem da folha e bom rendimento, ao longo de sete ciclos de seleção recorrente, registraram estimativas de herdabilidade no sentido amplo para ASCPD, entre 0,45 a 0,80.

Herdabilidades similares foram também encontradas para resistência parcial à ferrugem da folha em trigo por Navabi et al (2005). Os mesmos autores identificaram um QTL que explicou 31% da variação fenotípica para essa característica tendo estimado uma herdabilidade em sentido amplo que variou de 0,95 a 0,97, em três anos de avaliação.

No presente trabalho, o mapa molecular de linhas F_6 e o mesmo método de análise de QTLs desenvolvidos e empregados por Barbosa (2002) foram utilizados com intuito de validar as regiões genômicas de aveia previamente identificadas para a resistência parcial de UFRGS 910906.

Em 1999, Thomé analisando a F_2 do cruzamento entre UFRGS 7 X UFRGS 910906 identificou um QTL para resistência parcial que explicou 13% da

variação fenotípica e que se apresentou em repulsão à característica. O primeiro relato de QTLs associados à resistência parcial à ferrugem da folha, em aveia, foi de Chen et al. (2000), em populações do cruzamento entre MN 841801-1 e Noble. Os três QTLs encontrados explicaram 27% da variação fenotípica. Barbosa (2002), enriquecendo o mapa de ligação da aveia iniciado por Thomé (1999), encontrou cinco QTLs na F_2 (UFRGS 7 X UFRGS 910906) com variação explicada oscilando entre 12,5 e 38,2%, sendo que todos se apresentaram em repulsão à ASCPD. Também localizou um QTL na F_4 (UFRGS 7 X UFRGS 910906), porém, este associado à resistência parcial e variação fenotípica de 38,1%. A mesma autora analisando a F_6 (UFRGS 7 X UFRGS 910906) encontrou três QTLs associados à menor ASCPD e variação fenotípica entre 26,5 e 39,3%. O QTL associado ao marcador *PaaMtt340* também foi identificado no presente trabalho, em dois anos distintos, 2002 e 2003, e na avaliação de parcelas experimentais, evidenciando grande potencial para seleção assistida por marcadores moleculares para resistência parcial de UFRGS 910906 em programas de melhoramento genético de aveia.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

- 1) A avaliação da resistência parcial à ferrugem da folha em aveia proveniente de UFRGS 910906 pode ser feita através da área sob a curva do progresso da doença (ASCPD), severidade máxima (SM) e tempo para atingir 12,5% da severidade máxima (T12,5) ao nível de parcelas sem prejuízo na detecção de variabilidade para essas características e para rendimento de grãos e peso de hectolitro.
- 2) O nível de resistência parcial conferido por UFRGS 910906 não fornece proteção suficiente para manter o rendimento e qualidade de grãos na presença de alta severidade da moléstia. O uso dessa fonte de resistência parcial por programas de melhoramento de aveia para o desenvolvimento de novas variedades irá requerer um programa integrado de manejo das novas variedades a serem lançadas e/ou a combinação de outros genes de resistência parcial com essa fonte para aumentar os níveis de proteção disponíveis.
- 3) A alta correlação entre ASCPD e SM, ASCPD e T12,5, e SM e T12,5, e o fato de SM ser a mais fácil de avaliar das três, faz com que severidade máxima seja a característica de maior potencial para implementar na seleção da resistência parcial em programas de melhoramento de aveia.

- 4) A resistência parcial de UFRGS 910906 deve ser combinada com outras características de interesse para desenvolver genótipos de aveia com resistência parcial, baixa estatura, precocidade e com rendimento e qualidade de grãos.
- 5) A seleção de linhas avançadas de aveia com a resistência parcial de UFRGS 910906, a partir de parcelas experimentais, pode ser efetiva uma vez que essa característica apresenta herdabilidade moderada a alta quando avaliada a nível de parcelas.
- 6) Apesar de sua natureza quantitativa, a resistência parcial de UFRGS 910906 apresenta uma região genômica identificada pelo marcador AFLP *PaaMtt340* com consistência de expressão em diferentes ambientes, capaz de ser detectada na avaliação de parcelas experimentais, bem como na média de plantas individuais, e com potencial para ser explorada através do uso de seleção assistida por marcadores moleculares no programa de melhoramento de aveia da UFRGS.

7. BIBLIOGRAFIA

ALI, R.; OWEN, G.M.; SCHANBAKER, L.M. Role of dietary fiber in geriatric nutrition: a review. In: VAHOUNY, G.V.; KRITCHEVSKY, D. (Ed.). **Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1986. p. 373-387.

AMORIM, L; SALGADO, C.L. Diagnose. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 224-231.

AYALA, L. et al. Identification of QTLs for BYDV tolerance in bread wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 128, n. 2, p. 249-259, 2002.

BALLICO, J.L. et al. Caracterização da resistência parcial à ferrugem da folha em genótipos de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 496.

BARBOSA, M.M.; FEDERIZZI, L.C.; MILACH, S.C.K. Resistência parcial à ferrugem da folha da aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2000. p. 46.

BARBOSA, M.M. **Genética e mapeamento molecular da resistência parcial à ferrugem da folha de aveia (*Avena sativa* L.)**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BARBOSA NETO, J.F.; BERED, F. Marcadores moleculares e diversidade genética no melhoramento de plantas. In: MILACH, S.C.K. (Ed.). **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. p. 29-40.

BARBOSA NETO, J.F. et al. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.

BARCELLOS, A.B. **Genética da resistência de planta adulta à ferrugem da folha na cultivar brasileira de trigo Toropi (*Triticum aestivum*)**. 1994. 163 f. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) - Programa de Pós-

graduação em Genética, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

BARCELLOS, A.B.; MORAES-FERNANDES, M.I.B.; ROELFS, A. Ferrugem da folha do trigo (*Puccinia recondita*): durabilidade da resistência. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 101-117, 1997.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma Press, 2002. 369p. Cap. 6: Estimating Genetic Variances.

BONNETT, D.G. et al. The effects of temperature and light on interactions between *Puccinia coronata* f. sp. *Avenae* and *Avena* spp. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v. 31, n. 2, p. 185-192, 2002. Disponível em <<http://www.australasianplantpathologysociety.org.au/>>. Acesso em: 18 nov. 2004.

BRAKE, v. M.; IRWIN, J.A.G. Partial resistance of oats to *Puccinia coronata* f. sp. *Avenae*. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 43, n. 5, p. 1217-1221, 1992.

BRAUN, E.; BOLLER, W.; FORCELINI, C.A. Controle da ferrugem da folha da aveia: efeitos de volumes de calda nas aplicações de fungicida. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 457.

BRIÈRE, S.C.; KUSHALAPPA, A.C. Evaluation of components of resistance in oat breedings lines and cultivars to crown rust (*Puccinia coronata* f. sp. *Avenae*) under controlled environmental conditions. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Fredericton, v. 17, n. 4, p. 319-324, 1995. Disponível em <<http://webofscience.fapesp.br>> Acesso em: 20 out. 2004. Resumo obtido via base de dados Web of Science.

BROERS, L.H.M. Components of quantitative resistance to yellow rust in tem spring bread wheat cuntivars na their relations with fields assessments. **Euphytica**, Dordrecht, v. 96, n. 2, p. 215-223, 1997.

BRUNELLI, R.K.; SILVA, H.P.; CAMARGO, L.E.A. Mapeamento de genes de resistência quantitativa a *Puccinia polysora* em milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, 2002.

BRUNING, G. et al. Composição bromatológica de genótipos de aveia para produção de forragem. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 24., 2004, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2004. p. 369.

CARVALHO, F.I.F. et al. Potencial genético da aveia, como produtora de grãos, no sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 71-82, 1987.

CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Evolução da cultura da aveia no sul do Brasil. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v. 102, p. 16-19, 1989.

CARVALHO, M.F. et al. Análise da virulência de 31 isolados de *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* coletados em três municípios do estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 24., 2004, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2004. p. 563.

CASTRO A.J., et al. Mapping and pyramiding of qualitative and quantitative resistance to stripe rust in barley. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 107, n. 5, p. 922-930, 2003.

CHAVES, M.S. **Avaliação da resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca**. 2001. 107 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

CHAVES, M.S. et al. Efeito da ferrugem da folha sobre o rendimento e qualidade de grãos em genótipos de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 463.

CHAVES, M.S.; MARTINELLI, J.A.; FEDERIZZI, L.C. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: I-Characterização da reação em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 39-46, 2004a.

CHAVES, M.S.; MARTINELLI, J.A.; FEDERIZZI, L.C. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: II-Avaliação de componentes de resistência. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 47-55, 2004b.

CHEN, R. et al. Quantitative trait loci (QTLs) for partial resistance to crown rust in oats. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 6. 2000, Canterbury. **Proceedings...** Canterbury: Lincoln University, 2000, p. 129.

CHONG, J.; SEAMAN, W.L. Incidence and virulence of *Puccinia coronata* f. sp. *avenae* in Canada in 1993. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v. 16, n. 4, p. 335-340, 1994.

CONAB. Brasília, Companhia Nacional de Abastecimento, 2005. Contém informações institucionais, técnicas, notícias, publicações e serviços. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/download/safra/safra20022003lev06.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2005.

COFFMAN, F.A. **Oats and oat improvement**. Winconsin: American Society of Agronomy, 1961. 650 p.

CRUZ, R.P.; FEDERIZZI, L.C.; MILACH, S.C.K. Severidade da ferrugem-da-folha e seus efeitos sobre caracteres da panícula de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 543-551, 1999.

DAMANIA, A.B. Diversity of Major Cultivated Plants Domesticated in the Near East. In: DAMANIA, A.B., VALKOUN, J., WILLCOX, G., QUALSET, C.O. (Ed.). **The origins of agriculture and crop domestication**. Aleppo: ICARDA, 1998, p.51-64.

DAS, M.K. et al. Inheritance of slow-rusting resistance to leaf rust in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 6, p. 1452-1456, 1992.

DE FRANCISCO, A. Qualidade industrial e nutricional da aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 86.

DÍAZ-LAGO, J.E.; STUTHMAN, D.D.; ABADIE, T.E. Recurrent selection for partial resistance to crown rust in oat. **Crop Science**, Madison, v. 42, n. 5, p. 1475-1482, 2002.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-CNPS, 1999. 412 p.

FEDERIZZI, L.C. et al. Estabilidade do rendimento de grãos de aveia: efeito do uso de fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 4, p. 465-472, 1993.

FEDERIZZI, L.C. et al. Variabilidade fenotípica de diferentes caracteres da panícula em aveia (*Avena sativa* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 223-229, 1995.

FEDERIZZI, L.C.; STUTHMAN, D. Porque genes maiores para resistência a ferrugem da folha tem pouca durabilidade no Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1998. p. 1.

FEDERIZZI, L.C.; ALMEIDA, J. Análise de alguns parâmetros de qualidade dos grãos de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1998. p. 49.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEM, 1995. 220 p.

FORCELINI, C.A.; FLOSS, E.L.; VIEIRA, R.S. Manejo integrado da ferrugem da folha da aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 19, 1999, Porto Alegre. **Resultados experimentais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 127.

FORCELINI, C.A.; FABRIS, F. Eficácia e economicidade do controle químico da ferrugem da folha em aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20, 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2000. p. 172.

FORCELINI, C.A. Moléstias de aveia e seu controle. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 72.

GARCIA, L. et al. Efeito de diferentes concentrações de farelo de aveia sobre o nível sérico de colesterol de homens e mulheres. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 548.

HELM, C.V. et al. Composição química de farelo, farinha e resíduo procedente da indústria de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 22., 2002, Passo Fundo. **Resultados experimentais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 546.

HOLLAND, J.B.; MUNKVOLD, G.P. Genetic relationships of crown rust resistance, grain yield, test weight, and seed weight in oat. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 4, p. 1041-1050, 2001.

IMTIAZ, M. et al. Detection of molecular markers linked to the durable adult plant stripe rust resistance gene *Yr18* in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Breeding**, Berlin, v. 123, p. 401-404, 2004.

JEGER, M.J.; VILJANEN-ROLLINSON, S.L.H. The use of the area under the disease progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 102, n. 2, p. 32-40, 2001.

KICHERER, S. et al. Localising QTLs for leaf rust resistance and agronomic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, n. 6, p. 881-888, 2000.

LANDER, E.S. et al. Mapmaker: an interactive computer package for constructing primary genetic linkage maps of experimental and natural populations. **Genomics**, Ottawa, v. 1, n. 2, p. 174-181, 1987.

LEE, S.J.; PENNER, G.A. The conversion of RFLP markers to allele specific linked to QTLs governing malting quality in barley. **Molecular Breeding**. Dordrecht, v. 3, n. 6, p. 457-462, 1997.

LEMONS E SILVA, C.F. **Qualidade química do grão em aveia: métodos de avaliação e herança**. 2003. 89 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LEONARD, K.J. Oat lines with effective adult plant resistance to crown rust. **Plant Disease**, New York, v. 86, n. 6, p. 593-598, 2002.

LIU, K. et al. Dietary lipids, sugar, fiber and mortality from coronary heart disease. **Atherosclerosis**, Limerick, v. 2, p. 221-227, 1982.

LOPES, M.T.G. **Mapeamento de genes de resistência a mancha de *Phaeosphaeria* em milho**. 2003. 117 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LÜBBERSTEDT, T. et al. QTL mapping of resistance to *Sporisorium reilianum* in maize. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 99, n. 3-4, p. 593-598, 1999.

MARTINELLI, J.A.; FEDERIZZI, L.C.; BENNEDETI, A.C. Redução do rendimento de grãos de aveia em função da severidade da ferrugem da folha. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 20, n. 2, p. 116-118, 1994.

MARTINELLI, J.A. et al. Análise de virulência de alguns isolados de *Puccinia coronata avenae* no Sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1998. p. 17.

MARTINELLI, J.A.; BUSS, A. Comportamento de populações heterogêneas de aveia frente à ferrugem da folha nas condições do sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 19., 1999, Porto Alegre. **Resultados experimentais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 118.

MELLOS, G.O. et al. Componentes de resistência parcial à ferrugem da folha em aveia: três anos de avaliações. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 18., 1998, Londrina. **Resumos...** Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1998. p. 3.

MILACH, S.C.K.; CRUZ, R.P. Piramidização de genes de resistência às ferrugens em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 685-689, 1997.

MILACH, S.C.K. **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 140 p. Cap. 6: Mapeamento molecular de características de importância agrônômica.

MILACH, S.C.K. et al. Conteúdo de proteína em genótipos de aveia cultivados em diferentes ambientes do Sul do Brasil. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2000. p. 141.

MOHAN, M. et al. Genome mapping, molecular markers and marker-assisted selection in crop plants. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 3, n. 2, p. 87-103, 1997.

NAVABI, A. et al. Inheritance and QTL analysis of durable resistance to stripe and leaf rusts in a Australian cultivar, *Triticum aestivum* "Cook". **Genome**, Ottawa, v. 48, p. 97-107, 2005.

NELSON, R.R. Genetics of horizontal resistance to plant disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 16, p. 359-378, 1978.

OHM, H.W.; SHANER, G.E. Breeding oats for resistance to diseases. In: MARSHALL, H.G.; SORRELS, M.E. (Ed.) **Oat science and technology**. Madison: ASA/CSSA, 1992. p. 657-690.

OLIVEIRA, C.O. Construção de mapas genéticos em plantas. In: MILACH, S.C.K. **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. p. 41-56.

OLIVEIRA, A.R.R. et al. Comportamento de cultivares de aveia em relação à ocorrência e ao controle da ferrugem da folha em 2003. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 24., 2004, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2004. p. 582.

PACHECO, M.T. **Selection for partial resistance to oat crown rust in two recurrent selection populations**. 2004. 133 p. Thesis (Doctor of Philosophy), University of Minnesota. 2004.

PARAN, I.; ZAMIR, D. Quantitative traits in plants: beyond the QTL. **Trends in Genetics**, v. 19, n. 6, p. 303-306, 2003.

PARLEVLIET, J.E.; VAN OMMEREN, A. Partial resistance of barley to leaf rust, *Puccinia hordei*. II. Relationship between field trials, micro plot test and latent period. **Euphytica**, Wageningen, v. 24, p. 293-303, 1975.

PARLEVLIET, J.E. Components of resistance reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 17, p. 203-222, 1979.

PARLEVLIET, J.E.; LEIJN, M.; VAN OMMEREN, A. Accumulating polygenes for partial resistance in barley to barley leaf rust, *Puccinia hordei*. II. Field evaluation. **Euphytica**, Wageningen, v. 34, p. 15-20, 1985.

PARLEVLIET, J.E.; VAN OMMEREN, A. Accumulation of partial resistance in barley to barley leaf rust and powdery mildew through recurrent selection against susceptibility. **Euphytica**, Wageningen, v. 37, n. 3, p. 261-274, 1988.

PARLEVLIET, J.E. Present concepts in breeding for disease resistance private. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 30., 1997, Poços de Caldas. **Palestras...** Viçosa: UFV / SBF, 1997. p. 7

PARLEVLIE, J.E. Durability of resistance against fungal, bacterial and viral pathogens: present situation. **Euphytica**, Wageningen, v. 124, n. 2, p. 147-156, 2002.

PATERSON, A.H.; TANKSLEY, S.D.; SORRELS, M.E. DNA markers in plant improvement. **Advances in Agronomy**, v. 46, p. 39-90, 1991.

PERDONÁ, C.C. et al. Determinação do teor de b-glucanas em cultivares de aveia branca produzidas em Vacaria (RS), safra 2001. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 23., 2003, Gramado. **Resultados experimentais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 1 CD-ROM.

PETERSON, R.F.; CAMPBELL, A.B.; HANNAH, A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. **Canadian Journal of Research**, Ottawa, v. 26, p. 496-500, 1948.

PICININI, E.C.; FERNANDES, J.M.C. Eficácia de fungicidas no controle da ferrugem da folha da aveia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 74-78, 1994.

PRABHU, A.S.; MORAIS, O.P. Resistência estável às doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p. 239-273, 1993.

PRETORIUS, Z.A. Effects of growth stage and temperature on components of resistance to leaf rust in wheat genotypes with Lr26. **Plant Disease**, New York, v. 74, p. 631-635, 1990.

QI, X. et al. Isolate-specific QTLs for partial resistance to *Puccinia hordei* in barley. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 99, n. 5, p. 877-884, 1999.

REDDY, B.S. Colon cancer: future directions. In.: VAHOUNY, G.V.; KRITCHEVSKY, D. (Ed.). **Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1986. p. 543.

RIBEIRO DO VALE, F.X.; PARLEVLIE, J.E.; ZAMBOLIM, L. Concepts in plant disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 577-589, 2001.

RODERICK, H.W.; THOROGOOD, D.; ADOMAKO, B. Temperature-dependent resistance to crown rust infection in perennial ryegrass, *Lolium perene*. **Plant Breeding**, Berlin, v. 19, n. 1, p. 93-95, 2000.

ROONEY, W. L.; RINES, H. W.; PHILLIPS, R. L. Identification of RFLP markers linked to crown rust resistance genes Pc91 and Pc92 in oat. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 940-944, 1994.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Rotação de culturas para trigo, após quatro anos: efeitos na fertilidade do solo, em plantio direto. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.

SAS Institute Inc. Versão 8.1. Cary, 2000. 2 CD-ROM.

SAVI, V.; MARTINELLI, J.A.; FEDERIZZI, L.C. Variação da severidade da ferrugem da folha em linhas recombinantes F₇ de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 20., 2000, Pelotas. **Resultados experimentais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 2000. p. 162.

SAVI, V. **Avaliação da resistência parcial à ferrugem da folha em linhas F₆ recombinantes de aveia.** 2001. 49 f. Dissertação (Mestre em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SCHNURBUSCH, T. et al. Dissection of quantitative and durable leaf rust resistance in Swiss winter wheat reveals a major resistance QTL in the Lr34 chromosomal region. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, n. 3, p. 477-484, 2004.

SHANER, G.; HESS, F.D. Equations for integrating components of slow leaf rusting in wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 68, p. 1464-1469, 1978.

SHANER, G. Growth of uredinia of *Puccinia recondita* in leaves of slow and fast rusting wheat cultivars. **Phytopathology**, St. Paul, v. 73, p. 931-935, 1983.

SHANER, G. Breeding for partial resistance in oat to rust. In: INTERNATIONAL OAT CONFERENCE, 5., 1996, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: University of Saskatchewan, 1996, p. 307.

SHEN, X. et al. Detection of *Fusarium* head blight resistance QTL in a wheat population using bulked segregant analysis. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 106, n. 6, p. 1041-1047, 2003.

SIMONS, M.D. Crown rust. In: ROELFS, A.P.; BUSHEL, W.R. (Ed.). **The Cereal Rusts: Diseases, distribution, epidemiology and control.** New York: Academic Press, 1985. p. 132.

STEEL, R.D.G.; TORRIE, J.L. **Principles and procedures of statistics.** New York: McGraw-Hill, 1980. 418 p.

STORSRUD, S. et al. Adult coeliac patients do tolerate large amounts of oats. **European Journal Clinical Nutrition**, Berlin, v. 57, n. 1, p. 153-159, 2003.

TANKSLEY, S.D. Mapping polygenes. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, v. 27, p. 205-233, 1993.

THOMÉ, G.C.H. **Genética e análise molecular da resistência parcial à ferrugem da folha em aveia.** 1999. 126 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

THOMÉ, G.C.H.; MILACH, S.C.K.; FEDERIZZI, L.C. Resistência parcial à ferrugem da folha em genótipos de aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 393-398, 2001.

VAN DER PLANK, J.E. **Plant diseases: epidemics and control**. New York: Academic Press, 1963. p. 5.

VAN DEYNZE, A.E. et al. Molecular genetic maps for group 1 chromosomes of *Triticeae* species and their relation to chromosomes in rice and oat. **Genome**, Ottawa, v. 38, p. 45-59, 1995.

VAN NIEKERK, B.D.; PRETORIUS, Z.A.; BOSHOFF, W.H.P. Pathogenic variability of *Puccinia coronata* f.sp. *avenae* and p. *graminis* f.sp. *avenae* on oat in South Africa. **Plant Disease**, St. Paul, v. 85, n. 10, p. 1085-1090, 2001.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 486 p. Cap. 5: Associação entre caracteres.

VOS, p. et al. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research**, New York, v. 23, n. 21, p. 4407-4414, 1995.

XU, X. et al. Molecular characterization of slow leaf-rusting resistance in wheat. **Crop Science**, Madison, v.45, p. 758-765, 2005a.

XU, X.. et al. Mapping of QTLs prolonging the latent period of *Puccinia triticina* infection in wheat. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 110, p. 244-251, 2005b.

WANG, G.L. et al. RFLP mapping of genes conferring complete and partial resistance to blast in durably resistant rice cultivar. **Genetics**, Pittsburg, v. 136, n. 4, p. 1421-1434, 1994.

WEAVER, G.L. International trade oats. In: SOUTH AMERICAN OATS CONGRESS, 3., 1997, La Estanzuela. **Proceedings...** La Estanzuela: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, 1997. p. 7.

WILCOXSON, R.D.; Genetics of slow rusting in cereals. **Phytopathology**, St. Paul, v. 71, n. 9, p. 989-993, 1981.

YOUNG, n. D. QTL mapping and quantitative disease resistance in plants. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 34, p. 479-501, 1996.

ZHU, S.; KAEPLER, H.F. Identification of quantitative trait loci for resistance to crown rust in oat line MAM17-5. **Crop Science**, Madison, v. 43, p. 358-366, 2003.

ZHU, S.; LEONARD, K.J.; KAEPLER, H.F. Quantitative trait loci associated with seedling resistance to isolates of *Puccinia coronata* in oat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 93, n. 7, p. 860-866, 2003.

ZIMMER, D.E.; SCHAFER, J.F.; PATTERSON, F.L. Mutation for virulence in *Puccinia coronata*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 53, p. 171-176, 1963.

8. APÊNDICES

APÊNDICE 1. Valores da temperatura máxima do ar (TMÁX), precipitação (PRECIP) e umidade relativa do ar (UR), coletados na EEA/UFRGS, em 2002 e 2003.

PERÍODO	SEMANA	TMÁX (°C)	PRECIP (mm)	UR (%)
2002	09/09 a 13/09	21,1	50,7	86,7
	13/09 a 16/09	19,6	0,0	77,2
	16/09 a 21/09	20,6	86,9	84,9
	21/09 a 25/09	20,0	0,0	71,9
	25/09 a 01/10	24,5	2,9	80,6
	01/10 a 05/10	25,5	55,4	87,4
	MÉDIA		21,9	Σ195,9
2003	22/08 a 29/08	16,8	57,1	82,7
	29/08 a 05/09	19,6	2,9	78,6
	05/09 a 12/09	23,9	46,5	76,2
	12/09 a 19/09	18,4	1,3	76,2
	19/09 a 26/09	22,9	20,9	82,1
	26/09 a 03/10	23,9	0,0	81,2
	03/10 a 10/10	24,6	60,7	85,4
MÉDIA		21,4	Σ189,4	80,3

FONTE: Cedido pelo Professor Homero Bergamaschi, do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, da Faculdade de Agronomia da UFRGS, 2004.