

Gustavo Funck²José M. Fernandes³Carlos Pierobom⁴

Doenças foliares, área verde sadia e peso de grãos em diferentes cultivares de trigo¹

RESUMO

Objetivou-se com este estudo correlacionar a severidade das doenças foliares incidentes à duração da área verde fotossinteticamente ativa e ao peso de grãos de trigo. O experimento foi conduzido com as cultivares de trigo BR 23, Embrapa 16 e BRS 179, na área experimental da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, situado em Passo Fundo, Rio Grande do Sul. Cada cultivar foi semeada em duas faixas nos anos de 2003 e 2004. Em uma das faixas, um fungicida de amplo espectro foi pulverizado três vezes durante o ciclo da cultura para mantê-la livre de doenças foliares. As avaliações foram realizadas semanalmente em cinco plantas coletadas ao acaso em cada parcela e os dados foram submetidos à análise estatística pelo programa "R". Em 2003, houve diminuição no peso seco das partes vegetativas e forte correlação ($r = 0,96$) entre a duração da área verde e o peso de grãos, enquanto, em 2004, essa tendência não foi evidenciada, comprovando correlação moderada ($r = 0,48$) entre a duração da área verde e o peso dos grãos. A relação entre o peso das partes vegetativas e o peso dos grãos depende da intensidade das doenças foliares e, portanto, varia de ano para ano de acordo com as condições climáticas.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., fungicidas, rendimento do trigo

Leaf diseases, healthy green area and kernel weight in different wheat cultivars

ABSTRACT

This paper aimed to find out correlations between the severities of incident leaf diseases, the duration of photosynthetic active green area and the weight of wheat grains. Wheat cultivars BR 23, Embrapa 16 and BRS 179 were used in the experiment, carried out in the experimental area of the Embrapa - Wheat Research National Center, in the municipality of Passo Fundo, Rio Grande do Sul state. Each cultivar was sown in two plots during the years of 2003 and 2004. In one of the plots, a large spectrum fungicide was sprayed three times during the crop vegetative cycle, to keep it free of leaf diseases. The evaluations were carried out weekly in five plants randomly collected in each plot. Data was submitted to statistical analysis using program "R". The results showed that, in 2003, the dry weight of the vegetative parts decreased, and a strong correlation ($r = 0.96$) was observed between the duration of the green area and the wheat grain weight. On the other hand, in 2004 this trend was not evidenced, showing a moderate correlation ($r = 0.48$) between the duration of the green area and the grain weight. The correlation between the weight of vegetative plant parts and the weight of grains depends on the leaf diseases intensity and, therefore, is variable according to the climatic conditions.

Key words: *Triticum aestivum* L., fungicides, wheat yield

² Eng. Agr., Doutor, Pesquisador do Instituto Rio Grandense do Arroz, Caixa Postal 29, CEP 94930-030. Cachoeirinha, RS. e-mail: gustavo-funck@irga.rs.gov.br

³ Eng. Agr., PhD, Pesquisador da Embrapa-Trigo, Caixa Postal 451, CEP 99001-970. Passo Fundo-RS. email:mauricio@cnp.embrapa.br

⁴ Eng. Agr., PhD, Prof. do PPGFs da FAEM/UFPEL, Campus Universitário, Cx. Postal 354, CEP 96.010.900, Pelotas, RS. e-mail:crpiero@terra.com.br

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM/UFPEL. Universidade Federal de Pelotas, bolsista da Capes

INTRODUÇÃO

As doenças estão entre os fatores que mais contribuem para a limitação da produtividade da triticultura brasileira, com efeitos que variam de intensidade e de ano para ano, de acordo com as condições climáticas predominantes. No Rio Grande do Sul, a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) ocupa uma superfície de aproximadamente 1,06 milhões de hectares, com rendimento médio de 2 t.ha⁻¹ (Embrapa Trigo, 2008).

Entre as doenças do trigo, destacam-se aquelas que incidem nas folhas e são causadas por fungos biotróficos como oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) e a ferrugem da folha (*Puccinia triticina*), e por fungos necrotrofos, como a mancha-marrom (*Bipolaris sorokiniana*) e a mancha-bronzeada (*Pyrenophora tritici-repentis*). Estas últimas doenças são seguidamente referidas como manchas foliares (Bedendo, 1995) e, quando não controladas, podem causar danos de até 40% no rendimento de grãos (Picinini et al., 1996).

O desenvolvimento e a implementação de uma estratégia de manejo de doenças na cultura do trigo requerem informações precisas e acuradas sobre os danos causados por esses patógenos. O dano é definido como qualquer redução na qualidade ou quantidade da produção, geralmente resultante de uma injúria, que consiste em qualquer sintoma visível causado por patógenos ou pragas (Bergamin Filho, 1995). Assim, a quantificação das doenças, normalmente expressa em severidade de doenças foliares, é importante para se estabelecer o nível de dano causado nos componentes da produção do trigo.

A estimativa da produção por meio da duração da área fotossinteticamente ativa expressa uma relação com base fisiológica definida, por dar maior ênfase às características do hospedeiro (Lim & Gaunt, 1981), portanto, é menos empírica que a obtida com uso da severidade.

Assim, os principais objetivos neste estudo foram investigar e entender as relações entre a duração da área verde fotossinteticamente ativa, a severidade das principais doenças foliares incidentes e o peso dos grãos na cultura do trigo no estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em uma área de Latossolo Vermelho Distrófico típico, na estação experimental da Embrapa Trigo em Passo Fundo, Rio Grande do Sul, a 28°25' de latitude Sul e 52°40' de longitude Oeste, nos anos agrícolas de 2003 e 2004. O delineamento experimental consistiu de cultivos em faixas. Cada uma das cultivares de trigo (BR 23, Embrapa 16 e BRS 179) foi semeada em duas faixas de 5 × 25 metros. Em uma das faixas, visando garantir a ausência das doenças foliares, uma mistura dos fungicidas epoxiconazole e pyraclostrobim (Ópera®) foi aplicada aos 30, 60 e 90 dias após semeadura, na dosagem de 1.000 mL.ha⁻¹. Dentro de cada faixa, para cada uma das cultivares, foram aleatoriamente estabelecidas cinco parcelas medindo 5 × 5 metros.

A semeadura foi realizada nos dias 27 e 21 de junho, nos anos de 2003 e 2004, respectivamente. As demais práticas

culturais seguiram as recomendações para cultura do trigo na região do estudo.

Semanalmente, foram estimadas a severidade das doenças foliares incidentes (Tabela 1) e a quantidade de área foliar verde dos colmos e das folhas fotossinteticamente ativas, por meio do respectivo peso seco.

Tabela 1. Características de cultivares de trigo quanto à resistência a doenças foliares

Table 1. Characteristics of cultivars used for leaf disease resistance

Cultivar	Ano de criação	Reação às roenças		
		Oídio	Ferrugem folha	Manchas foliares
BR 23	1987	S ¹	R-PA ⁴	S
Embrapa 16	1992	R ²	S	S
BRS 179	1999	MS ³	S	S

S¹-suscetível; R²-resistente; R-PA⁴ - resistência em planta adulta; MS³- moderadamente suscetível

Em 2003, as avaliações se iniciaram em 26 de agosto (dia do ano = 239) e terminaram em 21 de outubro de 2003 (dia do ano = 294), quando as plantas se encontravam em maturação fisiológica. Em 2004, as avaliações tiveram início em 16 de agosto (dia do ano = 229) e foram concluídas em 5 de outubro de 2004 (dia do ano = 279) nas parcelas sem fungicidas e no dia 19 de outubro (dia do ano = 294) nas parcelas com fungicida.

A patometria e a estimativa da área verde foram realizadas nos estádios fenológicos de afilhamento, alongação, emborachamento, floração e maturação fisiológica, segundo escala de Zadoks et al. (1974).

Em cada data de avaliação, ou seja, em cada coleta de plantas, a severidade das doenças e a quantidade de área verde das folhas e dos colmos de todos os tratamentos foram estimadas em todas as folhas e colmos das cinco plantas coletadas ao acaso, em cada parcela de todas as cultivares testadas. A severidade foi expressa em percentual de área com sintomas, e a área verde foi estimada pelo peso seco das partes vegetativas (folhas e colmos). Os valores de severidade foram obtidos pela observação visual, considerando infectada a folha com sinais visíveis de colonização.

Em cada uma das plantas coletadas, foi estimado o percentual de área foliar com sintomas de oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici* Em. Marchal), de ferrugem da folha (*Puccinia triticina* Ericks) e do complexo denominado mancha foliar [*Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Drechs., *Stagonospora nodorum* (Berk) Castellani & E.G. Germano e *Septoria tritici* Rob. In Desm].

As folhas e os colmos coletados foram acondicionados em estufa a 50°C, por um período de 48 horas, para posterior pesagem em balança digital, modelo Mettler PC 4400 (p.e.: 0,001 g.). Desta forma, obteve-se o peso seco das partes vegetativas (folhas e colmos), que corresponde à estimativa da duração da área verde.

Os valores de duração da área verde (DAV) foram obtidos utilizando-se equação proposta por Waggoner & Berger (1987):

$$DAV = \sum ((AV_i (1 - Y_i) + AV_{i+1} (1 - Y_{i+1}))/2) (t_{i+1} - t_i), \quad i=1, (1)$$

em que AV é a área verde ativa no tempo t_i ; Y_i , o peso no tempo t_i .

A partir do início da antese, foram coletadas aleatoriamente cinco espigas do colmo principal de uma planta de trigo de cada uma das parcelas dos diversos tratamentos. Definiu-se como antese o momento quando as espigas apresentavam as primeiras anteras extrusadas nas espiguetas da porção central da espiga. Essa estratégia de amostragem permite aproximação de um dia em relação à antese (Tottman & Broad, 1987). As datas do início da coleta foram 1 de outubro de 2003 e 14 de setembro de 2004, respectivamente. Para evitar variabilidade decorrente da posição dos grãos na espiga, amostrou-se apenas o terço mediano das espigas, que corresponde aproximadamente a 20 grãos por espiga. Os grãos foram retirados da espiga com o auxílio de uma pinça e colocados em placas de Petri para contagem. Posteriormente, foram acondicionados em estufa a 50°C por 48 horas para determinação do peso seco dos grãos, realizada com o auxílio de balança digital modelo Mettler PC 4400 (p.e.:0,001 g.). Esse processo foi repetido semanalmente até o estágio de maturação dos grãos e se encerrou quando as plantas atingiram o estágio de maturação, que ocorreu nos dias 4 de novembro em 2003 e 12 de novembro em 2004.

No final do ciclo da cultura, realizou-se a colheita mecânica com colhedora de parcelas, nos dias 14 e 2 de novembro de 2003 e 2004, respectivamente. Logo em seguida, foram realizadas a secagem, a limpeza e a pesagem dos grãos.

As análises dos dados foram feitas pelo programa estatístico R (R Development Core Team, 2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento da cultura do trigo no ano de 2003 foi considerado normal para as condições de cultivo da região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. Durante o período do enchimento de grãos, a radiação solar média foi de 18,7 MJ.m⁻² dia⁻¹, a temperatura máxima média, 25,3°C, e a mínima, 13,2°C. Foram registrados 16 dias com chuvas acima de 3 mm.

Neste ano, a incidência de oídio (*B. graminis* f.sp. *tritici*) foi observada nas cultivares BRS 179 e BR 23 logo no início do estágio vegetativo (Figuras 4 e 5, respectivamente). A ocorrência de manchas foliares (*Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis*, *Stagonospora nodorum* e *Septoria tritici*) foi evidenciada a partir do espigamento, no estágio 10 (Zadoks et al., 1974), e apresentou progressão rápida. Na cultivar Embrapa 16, foi observada alta intensidade de ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) (Figura 6) A severidade observada na visualização das Figuras está expressa em valores de 0 a 1.

Nas cultivares BRS 179 e BR 23, no ano 2003, a partir da fase de espigamento (dia do ano 265), representado nos diagramas de caixa (Figuras 1 e 3 respectivamente), houve tendência à diminuição do peso seco das partes vegetativas, provavelmente em razão da incidência de manchas foliares, fato evidenciado principalmente nas parcelas sem aplicação do fungicida. A cultivar Embrapa 16, no entanto, não apresentou esse comportamento.

Em 2003, a duração da área verde, medida pelo peso seco dos colmos e das folhas fotossinteticamente ativas na cultivar BRS 179, equivaleram a 0,85 da duração da área verde nas parcelas em que não houve doenças (Tabela 2). Na cultivar BR 23, a mesma relação foi de 0,88, enquanto, na cultivar Embrapa 16, essa relação foi de 0,66. O coeficiente de correlação entre esses valores relativos no peso final do grão e a duração da área verde foi de 0,96 e representa forte correlação entre a duração da área verde e o peso final dos grãos.

Tabela 2. Duração da área verde (DAV) e peso de mil grãos das cultivares BRS 179, BR 23 e Embrapa 16, na presença e ausência de doenças foliares

Table 2. Green area duration (GAD) and thousand-kernel weight for cultivars BRS 179, BR 23 and Embrapa 16 in the presence and absence of leaf diseases

Tratamento / Cultivar	2003		2004	
	DAV	Peso mil grãos	DAV	Peso mil grãos
1.BRS 179 NT	76	35.1	92	29.1
2.BR 23 NT	70	42.4	114	43.1
3.EMB 16 NT	74	31	87	32.8
4.BRS 179 T	90	38.4	131	40.4
5.BR 23 T	79	43.9	122	48.5
6.EMB 16 T	111	37	122	36.4

Em 2004, houve pequeno período de estiagem na fase vegetativa do trigo, o que contribuiu para menor crescimento das plantas. Durante o período do enchimento de grãos, a radiação solar média foi de 16,3 MJ.m⁻² dia⁻¹, a temperatura máxima média, 24,2°C, e a mínima, 12,4°C. Houve 22 dias com chuvas acima de 3 mm.

Assim como em 2003, novamente houve a presença de oídio no início do período vegetativo nas cultivares BR 23 e BRS 179. O período de estiagem, observado em agosto, propiciou o desenvolvimento do oídio do trigo, enquanto, no mês de setembro, a frequência de chuvas no período favoreceu o aparecimento e a progressão das manchas foliares e da ferrugem da folha.

No ano de 2004, na análise da duração da área verde, medida da mesma forma que em 2003, os valores obtidos na cultivar BRS 179 equivaleram a 0,70 da duração da área verde nas parcelas onde não ocorreram doenças (Tabela 2). Na cultivar BR 23, a mesma relação foi de 0,93, enquanto, na cultivar Embrapa 16, foi de 0,71. O coeficiente de correlação entre esses valores relativos do peso final dos grãos e a duração da área verde foi de 0,48, comprovando, para esse ano, correlação moderada entre esses parâmetros.

O comportamento do peso seco das partes vegetativas no ano de 2004 revelou valores menores que em 2003, tanto na presença quanto na ausência de doenças foliares (Figuras 1 a 3). Esse fato provavelmente esteve relacionado aos períodos intercalados de estiagem que favoreceram o aparecimento de oídio e de chuvas frequentes (que favoreceram o surgimento de manchas foliares e ferrugem da folha), acarretando menor crescimento das plantas de trigo.

Estimativas confiáveis dos prejuízos causados pelos patógenos são pré-requisito para o desenvolvimento de qualquer programa bem sucedido de controle de doenças (Bergamin Filho &

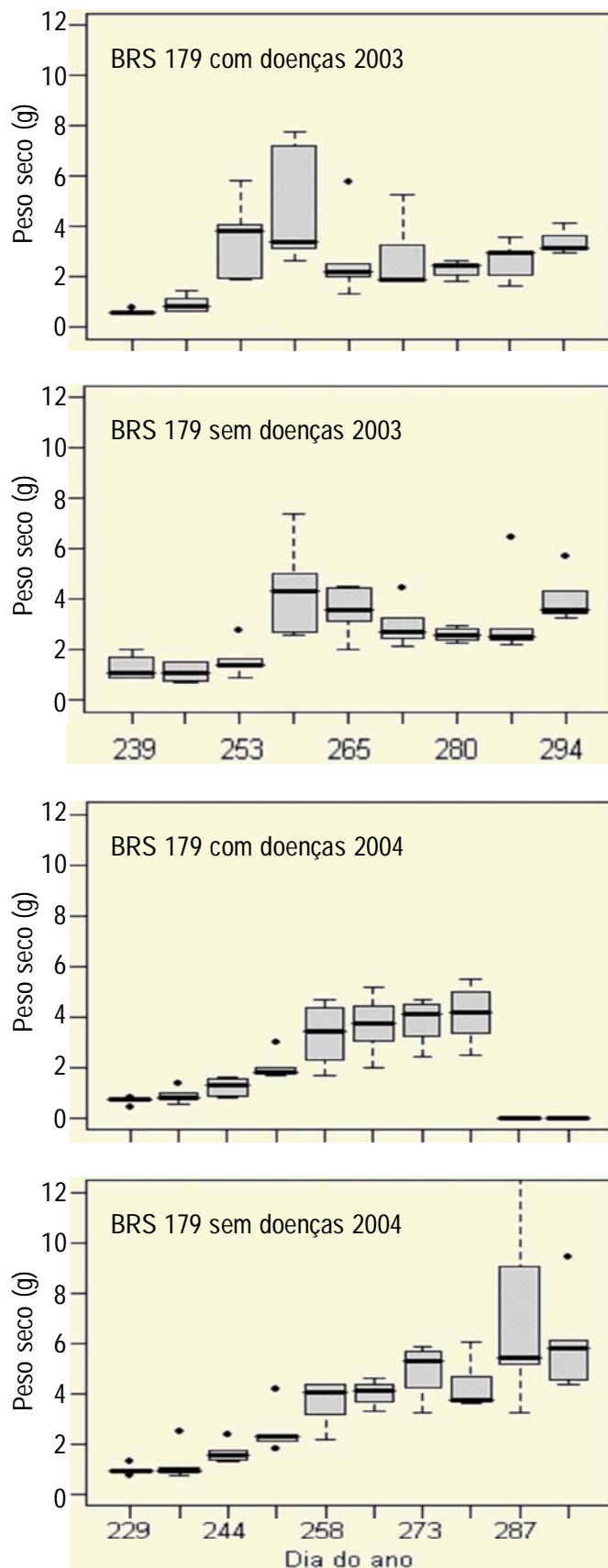


Figura 1. Peso seco de partes vegetativas (folhas e colmos) da cultivar BRS 179, na presença e ausência de doenças

Figure 1. Dry weight of the vegetative parts (leaves and stems) of cultivar BRS 179 in the presence and absence of diseases

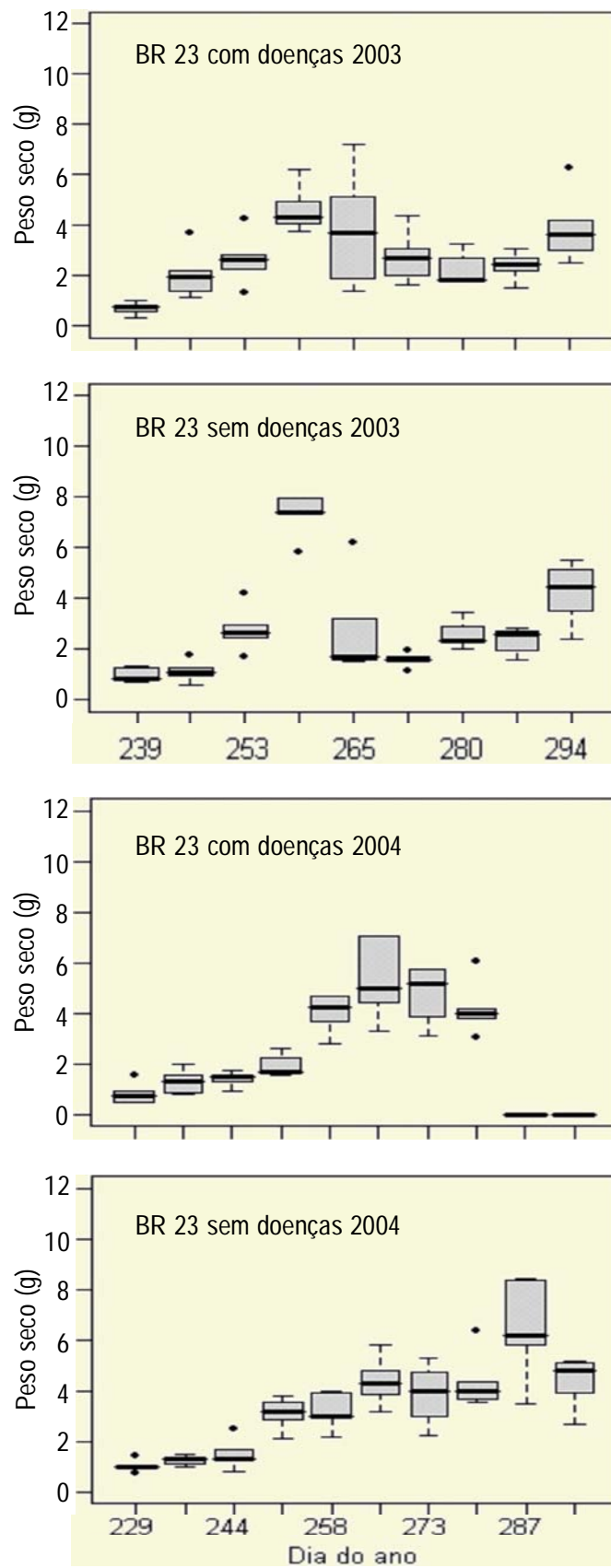


Figura 2. Peso seco de partes vegetativas (folhas e colmos) da cultivar BR 23, na presença e ausência de doenças

Figure 2. Dry weight of the vegetative parts (leaves and stems) of cultivar BR 23 in the presence and absence of diseases

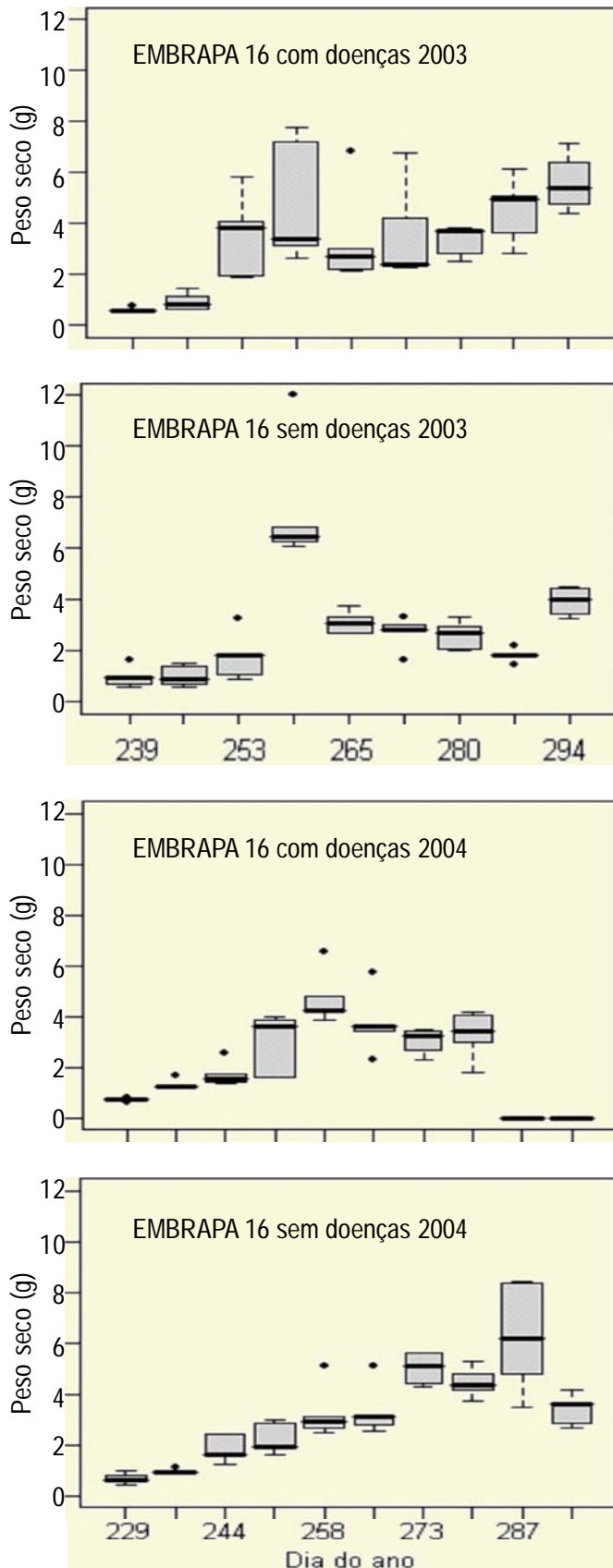


Figura 3. Peso seco de partes vegetativas (folhas e colmos) da cultivar Embrapa 16, na presença e ausência de doenças

Figure 3. Dry weight of the vegetative parts (leaves and stems) of cultivar Embrapa 16 in the presence and absence of diseases

Amorim, 1996). A quantificação de danos é, portanto, um ponto chave na definição de qualquer estratégia de controle.

Tradicionalmente, para quantificar danos, tem-se relacionado produção com severidade de doença ou área abaixo da curva do progresso de doença (AACPD). Entretanto, tem-se verificado a falta de transportabilidade desses modelos, atribuída, entre outras causas, à fraca e indireta relação entre produção e doença (Bergamin Filho et al., 1997).

De acordo com os resultados, em 2003, houve redução na duração da área verde, principalmente pela incidência do complexo de manchas foliares, evidenciada nas parcelas em que não houve tratamento com fungicidas, nas cultivares BRS 179 e BR 23. Com isso, houve forte correlação entre a duração da área verde e o peso de grãos de trigo. Esse resultado assemelha-se aos obtidos por Dimmock & Gooding (2002), que demonstraram o efeito do uso de fungicidas no aumento da duração da área verde, por meio do controle das doenças foliares, e no peso de mil grãos, que variou também entre as cultivares utilizadas. Essa variação ocorre pelo fato de que o comportamento das cultivares varia entre os ciclos de desenvolvimento, ou seja, em algumas a maturação fisiológica ocorre mais cedo e em outras, mais tardiamente.

No ano de 2004, no entanto, não foi evidenciada redução da área verde ocasionada pela incidência de doenças foliares. Como observado nas Figuras 1 a 3, os valores encontrados são bastante variados e não apresentaram tendência à estabilização. Assim, houve correlação moderada entre a duração da área verde e o peso de grãos de trigo.

Essa falta de correlação contraria os resultados obtidos por Schnyder & Baum (1992) e Macbeth et al. (1996). Esses autores relatam que o peso e o tamanho dos grãos são diretamente correlacionados ao volume (quantidade) de água absorvida pelas plantas e essa absorção é favorecida pelo uso de fungicidas durante seu desenvolvimento. Segundo Bryson et al. (2000), existe muita especulação em relação aos efeitos fisiológicos dos fungicidas no metabolismo das plantas, principalmente os chamados MRI (*Mitochondrial Respiration Inhibition*) do grupo químico estrubilurinas. De acordo com esses autores, não há afirmações confiáveis sobre o efeito fisiológico direto dos fungicidas no metabolismo das plantas, mas existem relatos de que os rendimentos de grãos são adequadamente correlacionados à duração da área verde pelo uso de fungicidas.

Esse fracasso na obtenção da função de dano em alguns patossistemas, segundo Waggoner & Berger (1987), Lopes et al. (1994) e Bergamin Filho et al. (1995), não é surpreendente, pois a produção vegetal constitui uma função da absorção da área foliar sadia do hospedeiro e não da área destruída pelo patógeno. No contexto fitopatológico, esses autores salientaram a importância de se considerar a área foliar que permanece sadia durante o ciclo, ou seja, que não foi afetada pela doença, e adaptaram os conceitos de Watson (1947) e de Monteith (1977) à avaliação de danos causados por doenças. Assim, foram definidos os conceitos de índice de área foliar sadia (HLAI), duração da área foliar sadia (HAD), radiação interceptada pela copa sadia da planta (HRI) e absorção da área foliar sadia (HAA).

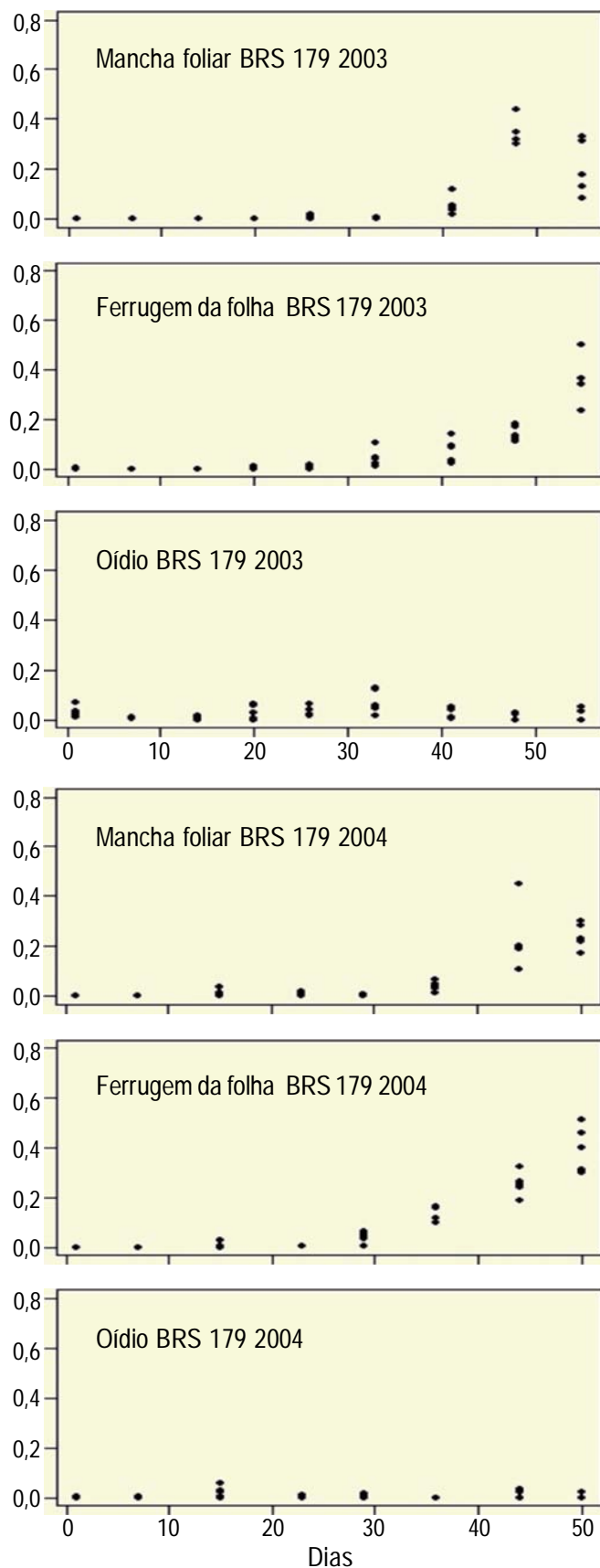


Figura 4. Valores de severidade das doenças foliares incidentes (manchas foliares, ferrugem da folha e oídio) para a cultivar BRS 179

Figure 4. Values of severity of leaf diseases (leaf spots, leaf rust, and powdery mildew) for cultivar BRS 179

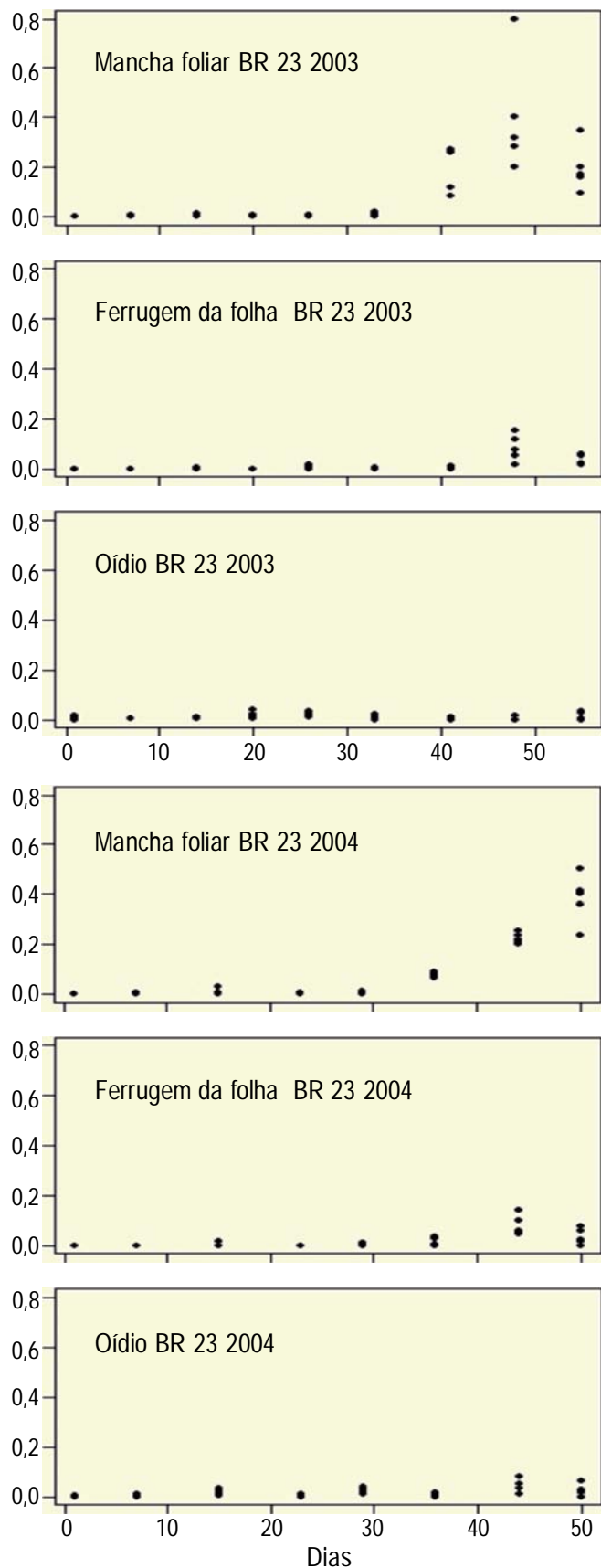


Figura 5. Valores de severidade das doenças foliares incidentes (manchas foliares, ferrugem da folha e oídio) para a cultivar BR 23

Figure 5. Values of severity of incident leaf diseases (leaf spots, leaf rust, and powdery mildew) for cultivar BR 23

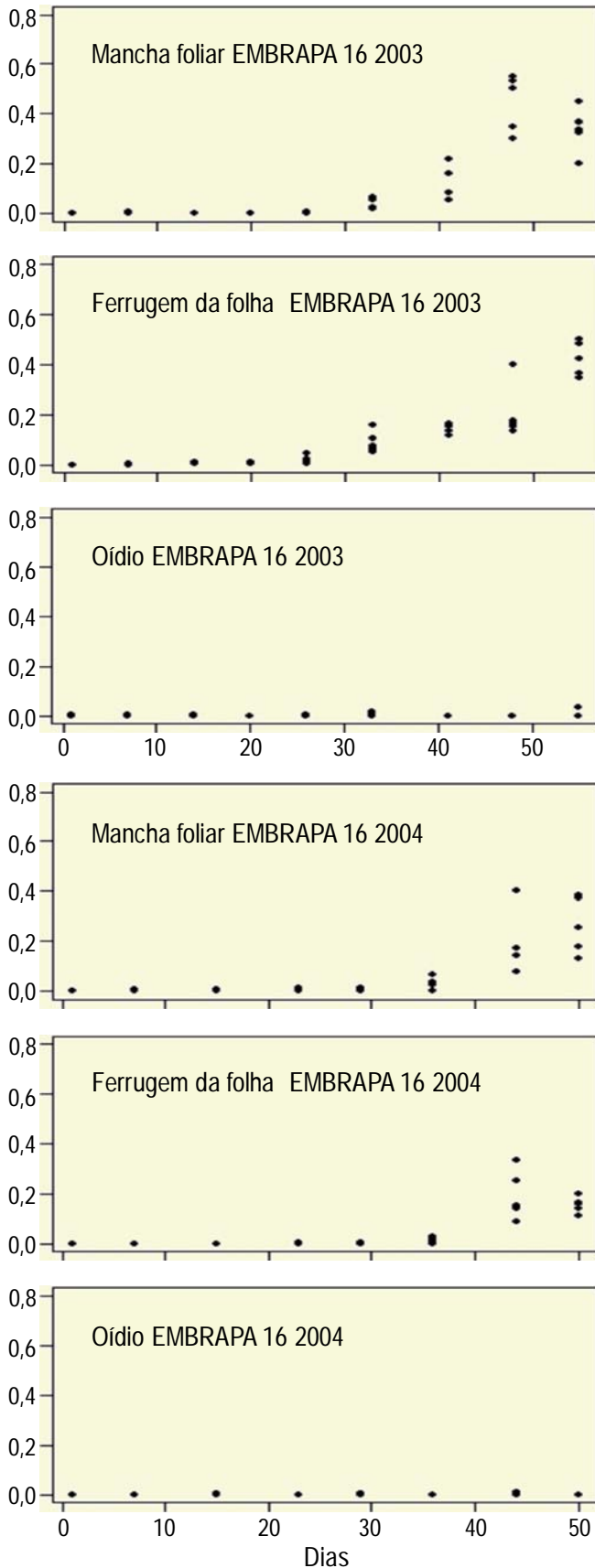


Figura 6. Valores de severidade das doenças foliares incidentes (manchas foliares, ferrugem da folha e oídio) para cultivar Embrapa 16

Figure 6. Values of severity of incident leaf diseases (leaf spots, leaf rust, and powdery mildew) for cultivar Embrapa 16

Essa nova abordagem da quantificação de danos é recente e abre perspectivas na tentativa de correlacionar produção com absorção da área foliar sadia (HAA) ou com a duração da área foliar sadia (HAD), o que permite melhor entendimento das relações entre doença e danos na produção (Lopes et al., 1994).

CONCLUSÕES

A relação entre o peso das partes vegetativas e o peso dos grãos depende da intensidade das doenças foliares e, portanto, varia de ano para ano de acordo com as condições climáticas.

O uso de um modelo de simulação específico para cada cultura que represente a dinâmica do crescimento e que contabilize os efeitos das doenças foliares na cultura do trigo pode ser uma alternativa para estimar danos e duração da área verde sadia em estudos futuros.

LITERATURA CITADA

- Bedendo, I.C. Manchas foliares. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorim, L. (org.). Manual de fitopatologia: princípios e conceitos. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p. 848-858.
- Bergamin Filho, A. Avaliação de danos e perdas. In: Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorim, L. (org.). Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. São Paulo: Agronômica Ceres. 1995. v. 1 p. 672-690.
- Bergamin Filho, A.; Amorim, L. Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico. São Paulo: Agronômica Ceres. 1996. 299 p.
- Bergamin Filho, A.; Carneiro, S.M.T.P.G.; Godoy, C.V., Amorim, L.; Berger, R.D.; Hau, B. Angular leaf spot of *Phaseolus beans*: relationships between disease, healthy leaf area, and yield. *Phytopathology*, v.87, n.5, 506-515, 1997.
- Bryson, R.J.; Leandro, L.; Jones, D.R. The physiological effects of kresoxim-methyl on wheat leaf greenness and the implication for crop yield. In: Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference-Pest and Diseases. Farnham: British Crop Protection Council, 2000. p.739-747.
- Dimmock, J.P.R.; Gooding, M.J. The effects of fungicides on rate and duration of grain filling in winter wheat in relation to maintenance of flag leaf green area. *The Journal of Agricultural Science*, v.138, n.1, p.1-16, 2002.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Trigo. <http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/economia/index.htm>. 04 de Nov. 2008.
- Lim, L.G.; Gaunt, R.E. Leaf area as a factor in disease assessment. *Journal of Agricultural Science*, v.97, p.481-483, 1981.
- Lopes, D.B., Berger, R.D.; Bergamin Filho, A. Absorção da área foliar sadia (HAA): uma nova abordagem para a quantificação de danos e para o manejo adequado de doença. *Summa Phytopathologica*, v.20, n.3-4, p.143-151, 1994.
- Macbeth, J.E.; Keitlewell, P.S.; Sylvester Bradley, R. Methods for pre-harvest prediction on grain weight in winter wheat. In: *Agri-food Quality*. Cambridge, 1996. p. 83-86.

- Monteith, J.L.; Moss, C.J. Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical transactions of the Royal Society of London B*, v. 281, n.980, p.277-294, 1977.
- Picinini, E.C.; Fernandes, J.M.C.; Ignaczak, J.C.; Ambrosi, I. Impacto econômico do uso do fungicida propiconazole na cultura do trigo (*Triticum aestivum L.*). *Fitopatologia Brasileira*, v.21, n.3, p. 362-368, 1996.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria, 2004.
- Schnyder, H.; Baum, U. Growth the grain of wheat (*Triticum aestivum L.*). The relationship between water content and dry matter accumulation. *European Journal of Agronomy*, v.1,n.2, p.51-57, 1992.
- Tottman, D.R.; Broad, H. The decimal code for the growth stages of cereals, with illustrations. *Annals of Applied Biology*, v.110, n.2, p.441-454, 1987.
- Waggoner, P.E.; Berger, R.D. Defoliation, disease and growth. *Phytopathology*, v.77, n.3, p. 393-398, 1987.
- Watson, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between years. *Annals of Botany*, v.11, n.41, p.41-76. 1947.
- Zadoks, J.C.; Chang, T. T.; Konzag, C. F. A decimal code of for the growth stages of cereals. *Weed Research*, v. 14, n.6, p.415-421. 1974.